

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Российская академия транспорта
Куйбышевская железная дорога – филиал ОАО «Российские железные дороги»
Приволжский государственный университет путей сообщения (ПривГУПС)

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТУ

Материалы XVIII Международной научно-практической конференции

6–7 ноября 2025 года

Том 2

Самара
2025

УДК 656.2
ББК 39.2
Н 34

Редакционная коллегия:

М. А. Гаранин, доктор экономических наук, кандидат технических наук,
ректор ПривГУПС – главный редактор.

Члены редакционной коллегии:

<i>Е. М. Тарасов</i>	доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» ПривГУПС;
<i>С. А. Никищенков</i>	доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Управление эксплуатационной работой» ПривГУПС;
<i>А. А. Свечников</i>	кандидат технических наук, доцент кафедры «Тяговый подвижной состав» ПривГУПС;
<i>Т. М. Тарасова</i>	кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и менеджмент» ПривГУПС;
<i>Е. В. Добрынин</i>	кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Электроснабжение железнодорожного транспорта» ПривГУПС;
<i>Т. Б. Ефимова</i>	кандидат экономических наук, зав. кафедрой «Цифровые технологии» ПриГУПС;
<i>Ю. А. Холопов</i>	кандидат сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и экология» ПривГУПС;
<i>А. С. Баранов</i>	кандидат технических наук, доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство» ПривГУПС;
<i>И. А. Васельцова</i>	кандидат педагогических наук, доцент, зав. кафедрой «Физическое воспитание и спорт» ПривГУПС.

Н 34 Наука и образование транспорту : материалы XVIII Международной научно-практической конференции (2025, Самара). Международная научно-практическая конференция «Наука и образование транспорту», 2025 г. Том 1 [Текст] / редкол.: Гаранин М. А. [и др.] – Самара : ПривГУПС, 2025. 280 с.; ил.

УДК 656.2
ББК39.2

В работе конференции приняли участие работники вузов, техникумов, училищ, транспортных предприятий, ОАО «РЖД».

Рассмотрены вопросы реформирования железных дорог, экономики, финансов, систем СЦБ и телекоммуникаций, энергосберегающих технологий, подвижного состава, экологии, системы подготовки кадров, фундаментальных исследований для транспорта и др.

СЕКЦИЯ 6

Системный анализ, моделирование и управление на транспорте

УДК 004.93

ПРЕДИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Е. Д. Аксёнова, Р. Н. Шматков

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. В условиях глобальной экономической турбулентности и санкционного давления задача обеспечения устойчивости и конкурентоспособности российского промышленного комплекса выходит на первый план. Критическая зависимость от иностранных программных решений, включая системы предиктивного обслуживания, создает существенные риски для непрерывности производственных процессов. В этой связи разработка и широкомасштабное внедрение отечественных систем предиктивной аналитики на основе машинного обучения трансформируются из технической задачи в стратегический императив национального масштаба. Актуальность данного направления подтверждается исследованиями ведущих аналитических агентств, отмечающих, что предприятия, внедрившие предиктивные модели, демонстрируют на 20-25 % более высокие показатели операционной эффективности по сравнению с теми, кто полагается исключительно на реактивные стратегии обслуживания [1: 46].

Научно-техническое развитие в данной области нацелено не на простое замещение иностранных аналогов, а на создание интеллектуальных конкурентоспособных решений, способных вывести операционную эффективность предприятий на качественно новый уровень. Поставленная задача заключается в создании и апробации отечественных систем предиктивного анализа, ориентированных на прогнозирование отказов критического промышленного оборудования. Формируемая гипотеза предполагает, что их внедрение позволит в среднесрочной перспективе (три года) добиться снижения эксплуатационных затрат не менее чем на 15 % и сократить количество внеплановых простоев на 30-50 % [5: 130].

Достижение этих показателей станет возможным за счет фундаментальной оптимизации стратегии технического обслуживания, перехода от регламентного к состояниюцентричному подходу и минимизации зависимости от иностранного сервисного сопровождения.

Методы решения задачи. Основу интеллектуальных систем предиктивного обслуживания составляют сложные математические модели, способные выявлять скрытые и неочевидные закономерности в многомерных данных, генерируемых оборудованием. Ключевым этапом, предопределяющим успех всего проекта, является стадия предобработки данных и feature engineering. На этом этапе исходные сигналы с вибрационных, температурных и акустических датчиков подвергаются тщательной очистке от шумов, нормализации и преобразованию в информативные признаки. Для выделения частотных характеристик и диагностики развивающихся дефектов активно применяются методы вейвлет-анализа и быстрого преобразования Фурье, позволяющие декомпозировать сигнал и идентифицировать аномалии в различных частотных диапазонах [4: 80].

Для построения точных прогностических моделей используется аппарат регрессионного анализа, устанавливающий функциональную зависимость между параметрами работы оборудования и вероятностью его отказа. Алгоритмы машинного обучения, такие как метод опорных векторов и ансамбли решающих деревьев, эффективно применяются для бинарной классификации состояний оборудования на категории «норма» и «предотказ» [7: 216].

Наиболее перспективными для анализа временных рядов телеметрии зарекомендовали себя рекуррентные нейронные сети, в частности их модификация с долгой краткосрочной памятью, архитектура

которых специально предназначена для выявления долгосрочных временных зависимостей в последовательностях данных. Оценка качества и надежности построенных моделей производится с использованием строгого метрического аппарата, включающего расчет точности, полноты, F-меры и построение ROC-кривых, что в совокупности обеспечивает статистическую достоверность и обоснованность прогнозов [6: 90].

Анализ полученных результатов. Внедрение систем предиктивной аналитики с формальной точки зрения представляет собой сложную оптимизационную задачу, где целевой функцией является минимизация совокупных затрат на техническое обслуживание и ремонты при жестких ограничениях, задаваемых требованиями к надежности и промышленной безопасности. Проведенный анализ демонстрирует, что экономический эффект от внедрения таких систем имеет многокомпонентную структуру.

Прямое снижение затрат на техническое обслуживание и ремонты, согласно исследованиям, может достигать 5-10 % [2: 40], однако наиболее значительный вклад вносит предотвращение потерь от внеплановых простоев, стоимость одного часа которых для крупных промышленных предприятий может оцениваться в сотни тысяч долларов. Математически данный эффект выражается в оптимизации функции износа деталей и узлов с применением методов теории надежности и расчетом таких интегральных показателей, как коэффициент готовности и коэффициент технического использования.

Отечественный опыт служит наглядным подтверждением значительного экономического потенциала технологий предиктивного мониторинга. Так, внедрение системы на обогатительной фабрике АО «Апатит» позволило выявлять развивающиеся дефекты в узлах оборудования на ранних стадиях и с высокой точностью прогнозировать их развитие во времени.

Реализация этого проекта обеспечила минимизацию внеплановых остановок на критически важном производственном участке, что напрямую повлияло на рост общей производственной эффективности предприятия. Аналогичные результаты были получены в энергетическом секторе, где прогнозирование остаточного ресурса силовых трансформаторов позволило оптимизировать графики их ремонта и избежать катастрофических отказов [4: 77].

Практическое приложение результатов. Построение конкурентоспособных отечественных решений в области предиктивной аналитики требует не только научных изысканий, но и системного организационно-технического подхода. Первоочередной задачей является формирование адекватной нормативной базы и отраслевых стандартов. Это включает в себя адаптацию и развитие стандартов серии ГОСТ 27, регламентирующих расчет показателей надежности, для учета специфики работы оборудования в условиях применения систем предиктивного мониторинга и перехода от планово-предупредительных ремонтов к обслуживанию по фактическому состоянию.

Разработка типовых отраслевых решений позволит существенно сократить издержки внедрения для предприятий одной отрасли, демонстрирует опыт ПАО «Газпром», где создание единой базы данных оборудования с детализацией и технологических карт ремонта потребовало внесения миллионов записей [3: 112].

Стандартизация форматов данных и протоколов обмена является ключевым условием для интеграции разрозненных систем мониторинга в единый информационный контур предприятия. Создание открытых платформ и экосистемы для кооперации разработок научно-исследовательских коллективов и промышленных предприятий представляет собой следующий логический шаг.

В рамках этой экосистемы важным направлением является развитие специализированного, лицензионно чистого программного обеспечения, способного функционировать на отечественных операционных системах и аппаратных платформах. Реализация пилотных проектов на базе ведущих промышленных компаний позволяет отработать технологию в реальных условиях, доказать ее экономическую эффективность и сформировать лучшие практики перед масштабированием на всю отрасль. Сроки такой пилотной апробации обычно составляют от двух до трех месяцев, в течение которых происходит финальная дообучение моделей на актуальных данных, тестирование и валидация точности прогнозов [5: 135].

Выводы. В итоге можно прийти к такому выводу, что развитие отечественных систем предиктивной аналитики представляет собой комплексную задачу, выходящую далеко за рамки простой замены иностранного программного обеспечения. Речь идет о создании принципиально новых архитектур, изначально спроектированных с учетом специфики российских производственных процессов, климатических условий эксплуатации и требований локальной ИТ-инфраструктуры. Успешная реализация данного направления напрямую отвечает стратегическим задачам обеспечения технологического суверенитета страны.

Снижение зависимости от иностранных решений в такой критически важной сфере, как управление надежностью основных производственных фондов, способно обеспечить устойчивость всего промышленного комплекса в долгосрочной перспективе. Достижение целевых показателей по снижению

эксплуатационных затрат и сокращению внеплановых простоев, подтвержденное результатами пилотных проектов, формирует прочную экономическую основу для дальнейшего распространения этих технологий.

Последовательная работа по стандартизации, разработке типовых отраслевых решений и созданию открытых интеграционных платформ создает необходимые условия для перехода от стратегии импортозамещения к опережающему технологическому развитию в ключевых отраслях отечественной промышленности, выводя их на новый уровень производительности и глобальной конкурентоспособности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гаврилюк Е. С., Бикмулина Т. Н., Попов Д. А., Хамдамов О. С. Предиктивная аналитика в железнодорожной логистике: матрица технологических решений и стратегия внедрения // Естественно-гуманитарные исследования. 2025. № 1. С. 45–56.
- 2 Быстрицкий Д. В., Ермаков С. Г., Баталов Д. И. Трансформация управления данными в ОАО «РЖД» // Интеллект. технологии на транспорте. 2024. № 4 (40). С. 31–42.
- 3 Фильчиков А. Б. Разработка предложений по оптимизации влияния интеграционных процессов с использованием цифровых технологий на развитие транспортно-логистической инфраструктуры // Регион. и отрасл. экономика. 2025. № 2. С. 112–125.
- 4 Нургалиев Р. К., Галимулина Ф. Ф., Барсегян Н. В., Юманкин И. А. Специфика формирования «зеленой» бизнес-модели организации в условиях импортозамещения // Вестн. экономики, права и социологии. 2024. № 4. С. 76–82.
- 5 Яковлева М. В., Шалина А. И. Разработка рекомендаций по внедрению предиктивного обслуживания оборудования на высокотехнологичных предприятиях // Вопр. инновац. экономики. 2023. № 3. С. 134–148.
- 6 Диордиева Л. И. Выявление направлений внедрения цифровых инструментов на предприятиях сферы топливно-энергетического комплекса // Фин. рынки и банки. 2024. № 1. С. 88–97.
- 7 Климачев Т. Д., Карасев Д. А. Исследование практики и системных проблем применения технологий четвертой промышленной революции в различных отраслях российской промышленности // Вопр. инновац. экономики. 2023. № 4. С. 215–230.

УДК 004.42;003.26;378.016

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ РАБОТЫ АЛГОРИТМА ШИФРА ЦЕЗАРЯ С ПОДДЕРЖКОЙ КИРИЛЛИЦЫ И ЛАТИНИЦЫ НА ЯЗЫКЕ JAVA

И. Ю. Бакалдин, А. Ю. Пещеров, И. Л. Сандлер, И. Г. Баканова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Шифр Цезаря является одним из наиболее простых и широко известных методов симметричного шифрования, основанным на операции сдвига символов алфавита на фиксированное число позиций [1, 2, 3]. Данный алгоритм относится к классическим примерам подстановочных шифров, где каждая буква исходного текста заменяется на другую букву, расположенную в алфавите на заданном расстоянии. В современных жизненных условиях, алгоритм шифра Цезаря сохраняет актуальность в качестве учебного инструмента при изучении основ криптографии, который позволяет наглядно продемонстрировать базовые принципы работы симметричных алгоритмов. В литературе данный алгоритм неоднократно используется для иллюстрации процессов шифрования и дешифрования, а также для разработки первоначальных навыков в области криптографической безопасности.

В работе [4] представлена программная реализация алгоритма шифра Цезаря с поддержкой латинского и кириллического алфавитов на языке Python, которая, в отличие от реализации на языке Java, не позволяет использовать встроенные средства компиляции и требует выполнения в интерпретируемой среде, что накладывает определённые ограничения использования для демонстрации работы алгоритма ввиду отсутствия графического интерфейса, позволяющего наглядно визуализировать процесс шифрования и дешифрования. Несмотря на это, реализация в работе [4] остаётся полезным инструментом для изучения основ криптографии в текстовом режиме.

Целью данной работы является разработка программной реализации алгоритма шифра Цезаря на языке Java с поддержкой обработки символов латинского, кириллического алфавитов и их синтеза, а также создание графического интерфейса для наглядной демонстрации процесса шифрования и

дешифрования, что позволит обеспечить удобство взаимодействия с пользователем и расширить возможности применения алгоритма при работе с текстами, содержащими многозначный символьный ввод.

В качестве математического аппарата использовано определение зашифрованного символа $E(c)$ в соответствии с формулой (1), представленной в работе [4]:

$$E(c) = (c + s) \bmod n \quad (1)$$

где s – сдвиг (ключ шифрования); c – символ буквы алфавита; n – алфавит.

Для реализации алгоритма «Шифр Цезаря» был выбран язык программирования Java, обеспечивающий высокую производительность и широкие возможности для работы с текстовыми данными. Разработанный код программного обеспечения, представленный на рисунке 1, предусматривает корректную обработку как латинских, так и кириллических символов, включая заглавные и строчные буквы, что достигается за счёт реализации отдельной логики для каждого алфавита, что позволяет проводить шифрование и дешифрование текстов с одновременным использованием обоих алфавитов, тем самым эффективно работать с мультязычными и смешанными текстовыми вводами, с сохранением знаковых символов, включая знаки препинания, символы пробела, процента, номера, параграфа, а также арифметические знаки. Такая универсальность реализации расширяет возможности программного обеспечения, а также область ее применения для учебного процесса, делая его пригодным для задач, связанных с обработкой текстов на разных языках и в различных регистрах, а также обеспечивает корректность и целостность преобразований при любых комбинациях символов.

```

101 // === Основная логика ===
102 private String process(String text, int shift) {
103     String[] alphabets = getSelectedAlphabets();
104     String low = alphabets[0];
105     String up = alphabets[1];
106
107     StringBuilder sb = new StringBuilder(text.length());
108     for (char c : text.toCharArray()) {
109         int idx;
110         if ((idx = low.indexOf(c)) >= 0) {
111             int n = low.length();
112             sb.append(low.charAt(mod(idx + shift, n)));
113         } else if ((idx = up.indexOf(c)) >= 0) {
114             int n = up.length();
115             sb.append(up.charAt(mod(idx + shift, n)));
116         } else {
117             sb.append(c);
118         }
119     }
120     return sb.toString();
121 }
122
123 private static int mod(int a, int n) { // корректный модуль для отрицательных значений сдвига
124     int r = a % n;
125     return (r < 0) ? r + n : r;
126 }
127
128 // Возвращает пары (lower, upper) в зависимости от выбора
129 private String[] getSelectedAlphabets() {
130     int i = alphabetBox.getSelectedIndex();
131     switch (i) {
132         case 1: // только русский
133             return new String[]{RUS_LOWER, RUS_UPPER};
134         case 2: // только английский
135             return new String[]{ENG_LOWER, ENG_UPPER};
136         default: // комбинированный
137             return new String[]{RUS_LOWER + ENG_LOWER, RUS_UPPER + ENG_UPPER};
138     }
139 }
140
141 public static void main(String[] args) {
142     SwingUtilities.invokeLater(() -> new CaesarCipher().setVisible(true));

```

Рис. 1. Фрагмент программной реализации, демонстрирующий основную логику работы программы

Краткое описание реализации: для реализации представленного алгоритма были использованы библиотеки `Javax.swing`, `Javax.swing.border` и `Java.awt`, обеспечивающие функциональность пользовательского интерфейса [5, 6]. После подключения необходимых библиотек были определены кириллический и латинский алфавиты для последующей обработки текстовых данных. Основная часть кода включает реализацию пользовательского интерфейса, обеспечивающего взаимодействие с пользователем, а завершающая часть содержит логику алгоритма шифрования и дешифрования.

В результате работы программы отображается графическое окно, предоставляющее пользователю возможность выбора параметров сдвига и алфавита, а также выполнения операций шифрования, расшифровки и обмена между исходным и зашифрованным текстом, что иллюстрируется на рисунке 2.

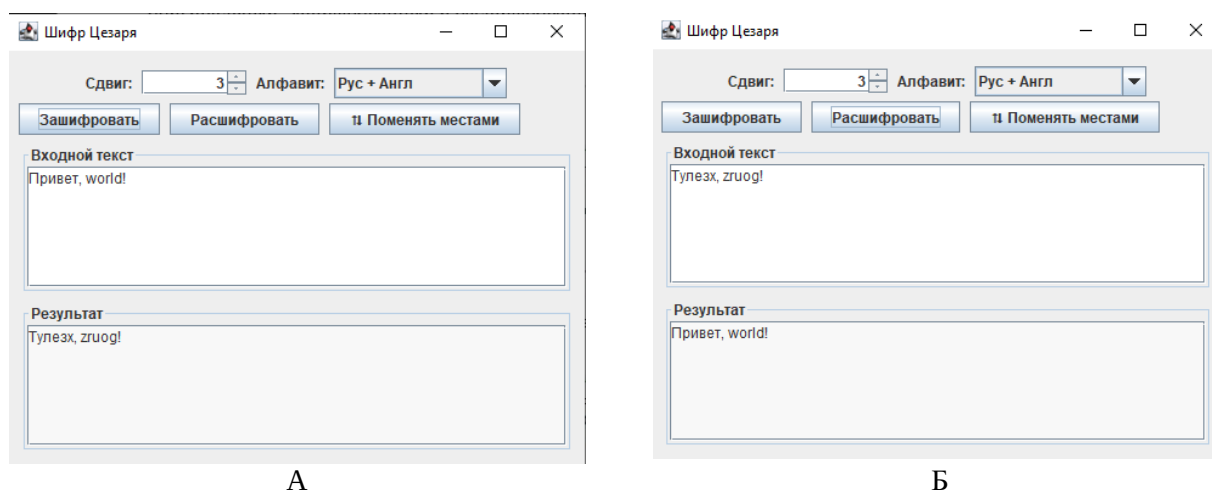


Рис. 2. Результаты работы программного обеспечения: «А» – шифрование синтеза латинской и кириллической графики; «Б» – дешифрования синтеза латинской и кириллической графики

Предложенная в данной работе реализация шифра Цезаря с поддержкой латинского и кириллического алфавитов, а также их сочетаний, представляет собой наглядный пример базового симметричного шифрования, что делает её особенно полезной в образовательных целях [3].

Данное программное обеспечение может эффективно использоваться при проведении практических занятий и лабораторных работ по информатике, программированию и основам криптографии, способствуя углубленному пониманию механизмов работы с текстовыми данными различных языков и кодировок. Благодаря интуитивно понятной логике и простоте реализации, алгоритм способствует формированию базовых навыков в области шифрования и дешифрования информации, что является важным этапом подготовки специалистов в сфере информационной безопасности. Реализация на языке Java обеспечивает совместимость с широким спектром программных платформ и предоставляет удобный графический интерфейс для демонстрации алгоритма, что расширяет возможности применения по сравнению с «существующими реализациями на языке Python [2]. Кроме того, данное ПО может использоваться в качестве прототипа для дальнейшей разработки более сложных криптографических систем и интеграции в учебные комплексы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарькаева, М. П. Шифр Цезаря / М. П. Гарькаева, Е. Г. Романова // Аналитические и численные методы моделирования естественно-научных и социальных проблем (АЧМ-2023) : Сборник статей по материалам XVIII Всероссийской с международным участием научно-технической конференции с конкурсом научно-исследовательских работ для обучающихся, посвященной 80-летию Пензенского государственного университета и 80-летию кафедры «Высшая и прикладная математика». В 2-х частях, Пенза, 06–10 ноября 2023 года. Пенза: Пензенский государственный университет, 2023. С. 36-39. EDN XCBMEU.
2. Карпов, Д. В. Реализация и анализ быстродействия алгоритма шифрования и дешифрования шифра Цезаря / Д. В. Карпов, Э. Р. Абузярова, С. Г. Ласкова // Евразийский союз ученых. 2015. № 6-2(15). С. 120-121. EDN WXFOSH.
3. Петрикова, А. В. Методическая разработка урока по теме «шифр Цезаря, шифр Гронсфелда, аффинный шифр» / А. В. Петрикова // Актуальные проблемы методики обучения информатике и математике в современной школе : Материалы международной научно-практической интернет-конференции, Москва, 22–26 апреля 2024 года. Москва: Московский педагогический государственный университет, 2024. С. 572-582. EDN WSINAA.
4. Кирсанов, С. А. Реализация алгоритма шифра Цезаря с поддержкой латинского и кириллического алфавитов на языке Python / С. А. Кирсанов, Р. Е. Квасков, Д. В. Иванов // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 04 апреля 2025 года. Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. С. 22-25. EDN PLEBV.
5. Машнин Т. С. Графические интерфейсы пользователя JAVA: учебное пособие: Издательство Ridero, 2024 – 686 с. ISBN: 978-5-0050-2742-9.
6. Кожомбердиева, Г. И. Программирование на языке Java: создание графического интерфейса пользователя : учебное пособие / Г. И. Кожомбердиева, М. И. Гарина ; Г.И. Кожомбердиева, М.И. Гарина. Санкт-Петербург : Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2012. 67 с. ISBN 978-5-7641-0402-7. EDN TASMJB.

ВЕБ-ПРОТОТИП ГЕНЕРАТОРА КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ КЛЮЧЕЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСИ

А. Н. Габдуалиев, М. Н. Липатова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В статье изложены основные положения проекта: архитектура веб-прототипа, генерация ключей, формирование и проверка электронной подписи. Представлен программный интерфейс и принципы визуализации промежуточных артефактов.

Стремительное развитие квантовых вычислительных технологий ставит под угрозу устойчивость широко применяемых сегодня классических криптосистем, основанных на сложностях факторизации и дискретного логарифмирования [1]. На этом фоне возрастает интерес к гибридным подходам и пост-квантовой криптографии, а также к практическим демонстраторам, позволяющим показать полный жизненный цикл криптографических артефактов – от получения исходного зерна случайности (seed) и расширения энтропии до генерации пары ключей, формирования электронной подписи и её проверки [2].

Цель работы стояла в разработке и демонстрации прототипа генерации криптографических ключей с поддержкой формирования и проверки электронной подписи, обеспечивающий воспроизводимую визуализацию промежуточных артефактов и предоставляющий программный интерфейс для интеграции в учебные и исследовательские сценарии.

Методологически работа опирается на принципы модульной архитектуры и воспроизводимых вычислительных экспериментов: чёткое разделение криптографического ядра (нативный модуль), серверной обёртки (Node.js/Express) и клиентской визуализации (статический фронтенд) [5].

В качестве инструментария используются JavaScript/Node.js, Express, статическая HTML-страница, а также нативный/скомпилированный криптографический модуль, вызовы которого инкапсулированы в JS-API (JavaScriptApplicationProgrammingInterface – программный интерфейс для взаимодействия модулей и компонентов приложения).

Проект был разработан с соблюдением принципов структурированности, воспроизводимости и наглядности, что обеспечило его логическую целостность и удобство анализа. Архитектура системы построена по трёхуровневому принципу: нативное криптографическое ядро отвечает за выполнение вычислительных операций, серверная часть реализует обмен данными и обработку запросов, а клиентская визуализация обеспечивает пользовательский интерфейс.

Воспроизводимость обеспечивается использованием фиксированных процедур генерации исходного и расширенного зерна (seed), а также строгим контролем параметров длины ключей, сообщений и цифровых подписей.

Методологически работа объединяет принципы демонстрационного прототипирования – создание минимальной, но полной цепочки генерации, подписания и проверки подписи; использование готовых инструментов и библиотек (Node.js, Express, встроенные механизмы работы с байтовыми массивами), а также применение нативных модулей для выполнения высокопроизводительных криптографических операций.

Наглядность работы реализована посредством открытого отображения промежуточных данных, которые в промышленных криптографических библиотеках обычно скрыты от пользователя. Это делает проект особенно полезным для обучения и анализа принципов работы современных криптосистем [3].

Кроме того, проект может использоваться как исследовательская среда R&D (Research and Development – научно-исследовательская и опытно-конструкторская деятельность), позволяющая безопасно изучать криптографические механизмы, проверять корректность их функционирования и адаптировать решения для образовательных и практических задач [6].

На рисунке 1 представлена схема алгоритма генерации криптографических ключей и электронной подписи. Алгоритм генерации и подписи включает пять основных криптографических этапов (CSPRNG, KDF, KeyGen, Sign, Verify), а с учётом вспомогательной операции формирования сообщения (Msg) – шесть шагов выполнения в коде серверного модуля.

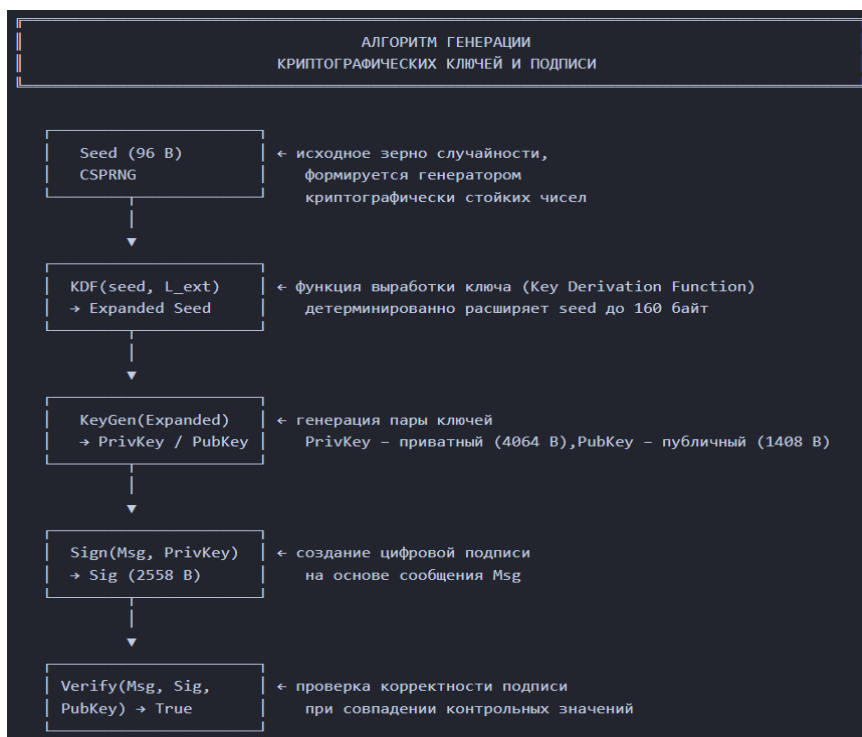


Рис. 1. В markdown формате ASCII-схема алгоритма генерации криптографических ключей и электронной подписи

На первом этапе иницируется генерация исходного зерна случайности – seed длиной 96 байт, что достигается вызовом встроенного криптографически стойкого генератора случайных чисел (CSPRNG) через стандартный модуль `crypto.randomBytes(96)` в среде Node.js. Полученный массив байтов служит исходной энтропией для всех последующих вычислений.

На втором этапе выполняется функция выработки ключа KDF (seed, L_ext), которая преобразует seed в расширенный буфер длиной 160 байт. В коде этот шаг реализуется с помощью криптографического хэш-примитива (`crypto.createHash('sha512')` или `subtle.digest()`), обеспечивающего детерминированное и равномерное распределение выходных байтов [5]. Далее вызывается функция `KeyGen(expandedSeed)`, которая на основании расширенного зерна вычисляет ключевую пару: приватный ключ (PrivKey, 4064 B) и публичный (PubKey, 1408 B). Эта часть выполняется на уровне нативного модуля, где используются низкоуровневые операции с массивами байт `Uint8Array` и детерминированное воспроизводимое преобразование [2].

После генерации ключей сервер формирует случайное сообщение Msg, представленное в шестнадцатеричном формате (HEX) и генерируемое тем же CSPRNG. Далее вызывается функция `Sign (Msg, PrivKey)`, которая создаёт цифровую подпись Sig длиной 2558 байт. Реализация основана на преобразовании сообщения в хэш, добавлении служебных байтов и вычислении подписи на уровне криптографического API. На заключительном этапе вызывается функция `Verify (Msg, Sig, PubKey)`, сравнивающая контрольные значения подписи и исходного сообщения. При совпадении результатов функция возвращает значение `True`, что подтверждает корректность и целостность переданных данных.

Таким образом, представленный алгоритм объединяет генерацию случайных данных, детерминированное расширение зерна, построение ключевой пары и механизм подписи / верификации в единую воспроизводимую цепочку, наглядно демонстрирующую принципы работы криптографического ядра в прототипе [5].

На рисунке 2 представлен фрагмент вывода терминала, иллюстрирующий процесс формирования исходного криптографического зерна (seed). [6] Данный этап запускает криптографически стойкий генератор случайных чисел (CSPRNG), который создаёт равномерно распределённую последовательность байт длиной 96 байт. Эта последовательность служит отправной точкой для всей дальнейшей цепочки операций и определяет начальные условия работы системы [4].

```

===== Инициализационное значение (Seed) =====
Инициализационное значение (шестнадцатеричный): 5e579e9cb3e66e3710d439d397cde77f48dc3e6162e263330fc446fd3d9d67ff040a22168cd7
7fa5732f2ba346cd2377c4ff5085955417bb445dbe8392b7caaa596591104c4
Инициализационное значение (массив байт): UInt8Array(96) [
  94, 87, 158, 156, 179, 230, 110, 55, 16, 212, 57, 211,
  151, 205, 231, 127, 72, 220, 62, 97, 98, 226, 99, 51,
  15, 196, 70, 253, 61, 157, 103, 255, 4, 10, 34, 22,
  140, 215, 170, 20, 111, 105, 201, 63, 63, 204, 130, 28,
  244, 10, 34, 20, 89, 115, 99, 63, 76, 176, 45, 102,
  91, 192, 31, 194, 23, 250, 87, 50, 242, 186, 52, 108,
  210, 55, 124, 79, 245, 8, 89, 85, 65, 123, 180, 69,
  219, 232, 57, 43, 124, 170, 165, 150, 89, 17, 4, 196
]

```

Рис. 2. Фрагмент вывода терминала, демонстрирующий процесс генерация криптографического зерна

На рисунке 3 отображён результат детерминированного расширения зерна (expandedseed). На этом шаге система выполняет функцию KDF (KeyDerivationFunction – функция выработки ключа), которая преобразует исходный seed в последовательность длиной 160 байт. Процедура работает по принципу псевдослучайного расширения и гарантирует равномерность и устойчивость результата [5]. Именно эта фаза формирует детерминированный вход для построения ключевой пары.

```

===== Расширенное инициализационное значение =====
Расширенное значение (шестнадцатеричный): 77c374b10ea4c9792ca6830a66d220541b1af3940bd82eba2acdc136023f728917fa5732f2ba346cd2377c4ff5085
aa596591104c435dc741bee8619ed6108cf8a7942636580b707f78ef4da40eb7f6b572901bebfbd35699f63b6252211dd997588364b0edca6c6029465fb8b61e976d13
9b1c3129877da8a41178cf170827bbe8aaa7a456912e67e4
Расширенное значение (массив байт): UInt8Array(160) [
  119, 195, 116, 177, 14, 164, 201, 121, 44, 166, 131, 10,
  102, 210, 32, 84, 27, 26, 243, 148, 11, 216, 46, 186,
  42, 205, 193, 54, 2, 63, 114, 137, 23, 250, 87, 50,
  242, 186, 52, 108, 210, 55, 124, 79, 245, 8, 89, 85,
  65, 123, 180, 69, 219, 232, 57, 43, 124, 170, 165, 150,
  89, 17, 4, 196, 53, 220, 116, 27, 238, 134, 25, 237,
  97, 8, 207, 138, 121, 66, 99, 101, 128, 183, 7, 247,
  142, 244, 218, 64, 126, 183, 246, 181, 114, 144, 27, 235,
  251, 211, 86, 153,
  ... 60 more items
]

```

Рис. 3. Фрагмент вывода терминала, демонстрирующий процесс расширения зерна

На рисунке 4 приведён процесс генерации пары ключей – приватного (4064 байта) и публичного (1408 байт). Алгоритм создаёт эти ключи на основе расширенного зерна так, чтобы одни и те же входные данные всегда давали одинаковый результат. Такое поведение обеспечивает детерминированность и воспроизводимость в рамках модели построения ключей, что важно для контроля и обучения [6].

```

===== Ключевая пара =====
Длина приватного ключа: 4064 байт
Длина публичного ключа: 1408 байт
Приватный ключ (первые 32 байта, hex): 77c374b10ea4c9792ca6830a66d220541b1af3940bd82eba2acdc136023f7289
Приватный ключ (первые 32 байта, массив): UInt8Array(32) [
  119, 195, 116, 177, 14, 164, 201, 121,
  44, 166, 131, 10, 102, 210, 32, 84,
  27, 26, 243, 148, 11, 216, 46, 186,
  42, 205, 193, 54, 2, 63, 114, 137
]
Публичный ключ (первые 32 байта, hex): d6c0e948fde140fa0ad5767872ac27d8d273a396a46b6f6ce66c74b90812b5f8
Публичный ключ (первые 32 байта, массив): UInt8Array(32) [
  214, 192, 233, 72, 253, 225, 64,
  250, 10, 213, 118, 120, 114, 122,
  194, 125, 141, 39, 58, 57, 106,
  70, 182, 252, 230, 108, 116, 185,
  8, 10, 181, 248
]

```

Рис. 4. Фрагмент вывода терминала, демонстрирующий процесс построения ключевой пары

На рисунке 5 показан завершающий этап – формирование и проверка электронной подписи. Исходное сообщение преобразуется в хэш и обрабатывается с использованием приватного ключа, в результате чего создаётся уникальная сигнатура длиной 2558 байт [1]. Проверка выполняется с применением публичного ключа: система сравнивает контрольные значения и выводит результат «Да» при успешной верификации, подтверждая корректность и аутентичность данных.

```

===== Цифровая подпись =====
Длина подписи: 2558 байт
Подпись (первые 32 байта, hex): 012044b99ac7c69314598f030d1fd364ae8c072db533830ba9d4087d8d0c6256
Подпись (первые 32 байта, массив): Uint8Array(32) [
  1, 32, 68, 185, 154, 199, 198, 147,
  20, 89, 143, 3, 13, 31, 211, 100,
  174, 140, 7, 45, 181, 51, 131, 11,
  169, 212, 8, 125, 141, 12, 98, 86
]

===== Проверка подписи =====
Подпись корректна? Да
    
```

Рис. 5. Фрагмент вывода терминала, демонстрирующий процесс формирования и проверки электронной подписи

На рисунке 6 продемонстрирован веб-интерфейс разработанного прототипа, отображающий ключевые артефакты и результаты криптографических операций. В каждом блоке отображаются длины данных (в байтах) и первые 32 байта в шестнадцатеричном формате HEX, что обеспечивает наглядность и позволяет быстро оценить корректность работы системы. Веб-клиент получает данные от серверного API, преобразует бинарные значения в читаемое представление и выводит их пользователю для визуального контроля [3].

Ключевая пара

Длина приватного ключа: 4064 байт
Длина публичного ключа: 1408 байт
Приватный ключ (первые 32 байта, HEX):

fd05aef67ab128eccf95bc2784eb22b219cc071f48052aa50835e03e5366f583

Публичный ключ (первые 32 байта, HEX):

50ae0e05affa6fbfcd80cfc507e6f46d46e6fd1d6874374f3238c6b48f90cdda

Случайное сообщение

HEX:

806278287f3f716559092e45651cbefcf1f33a089324ea01b7e54ec31c89243a1

Цифровая подпись

Длина подписи: 2558 байт
Подпись (первые 32 байта, HEX):

012099d2ad4f52a9e5e39fdc28d1c6821bb398a6cff00fc19690c166ee61386f

Рис. 6. Веб-интерфейс прототипа, отображающий ключевые артефакты и результаты операций

Таким образом, разработанный веб-прототип генератора криптографических ключей и электронной подписи обладает логичной и интуитивно понятной структурой. Система демонстрирует весь цикл криптографической операции в наглядной и воспроизводимой форме – от генерации исходного зерна до проверки подписи. Кроме того, разработанное решение может использоваться не только в учебных целях, но и в качестве экспериментальной платформы для тестирования пост-квантовых алгоритмов, анализа производительности и оценки стойкости криптографических примитивов. Реализованная архитектура обеспечивает гибкость масштабирования, прозрачность выполнения операций и возможность дальнейшей интеграции с другими модулями информационной безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 NIST. Post-Quantum Cryptography Standardization (Kyber, Dilithium, Falcon). Gaithersburg, 2023. С. 12–18.
- 2 ГОСТ Р 34.10–2012. Информационные технологии. Криптографическая защита информации. Алгоритм электронной подписи. [2] – М.: Стандартинформ, 2013. С. 15–24.
- 3 ФСТЭК России. Методические материалы по использованию средств криптографической защиты информации. М., 2020. С. 5–9.
- 4 RFC 8937. Randomness Improvements for Security Protocols. IETF, 2021. С. 1–28.

- 5 Stallings W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice. 8th Edition. Pearson Education, 2022. С. 210–218.
- 6 Chen M., Huang W. Benchmarking of Post-Quantum Cryptographic Algorithms. IEEE Access, 2023. Vol. 11. С. 48301–48315.

УДК 338.49

ОЦЕНКА ВЫЗОВОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДАННЫХ ЕДИНОГО ЦИФРОВОГО ПРОСТРАНСТВА СТРАН БРИКС

Л. В. Гашкова, Е. Н. Тидвэ

Уральский государственный университет путей сообщения

Введение. Оптимизация логистических процессов в условиях растущего объема международных перевозок приобретает особое значение для стран БРИКС. Решением этой задачи может стать создание Единого цифрового пространства (ЕЦП), объединяющего информационные ресурсы стран-партнеров. Такая инициатива направлена на повышение прозрачности и улучшение условий для осуществления международных торговых операций [1]. Однако путь к реализации проекта лежит через преодоление многочисленных проблем, возникающих вследствие различий в национальном законодательстве, уровне технологического развития и культурных особенностях. Целью данной статьи является проведение комплексного анализа проблемных групп и предоставление рекомендаций по их решению.

В таблице 1 выделены несколько важных составляющих, которые тормозят создание ЕЦП [2].

Таблица 1

Перечень аспектов, тормозящих создание Единого цифрового пространства

Группы аспектов	Описание аспектов
Политические и нормативно-правовые аспекты	Одной из центральных проблем является разное отношение стран к вопросу суверенитета данных. Каждое государство стремится сохранить контроль над сохранением и обработкой данных, содержащих коммерчески значимую информацию, персональные данные граждан и сведения, имеющие государственную тайну. Согласование положений национальных законов представляет особую сложность, так как требуется учесть различия в правилах и стандартах.
Технические аспекты	Технические вызовы касаются двух основных областей: совместимости унаследованных систем и обеспечения стабильной круглосуточной работы платформы. Большинство стран имеют устоявшиеся внутренние информационные системы, отличающиеся технологиями и методами хранения данных. Процесс интеграции этих систем потребует значительных усилий и вложений. Другая важная задача – поддержание стабильности и отказоустойчивости платформы, функционирующей непрерывно и обрабатывающей большие объемы данных.
Экономические аспекты	Проект ЕЦП требует существенных начальных инвестиций в аппаратное и программное обеспечение, а также расходы на подготовку кадров и последующее обслуживание. Без грамотного механизма финансирования успех проекта невозможен. Здесь возникают вопросы разделения ответственности и определения принципов оплаты услуг и эксплуатации платформы.
Организационные аспекты	Организация совместной работы органов власти и профильных организаций стран БРИКС требует разработки механизма согласования действий. Формирование действенной координации осложняется различиями интересов ведомств и желанием сохранить национальные полномочия.

Для обеспечения безопасности данных следует применить следующие принципы.

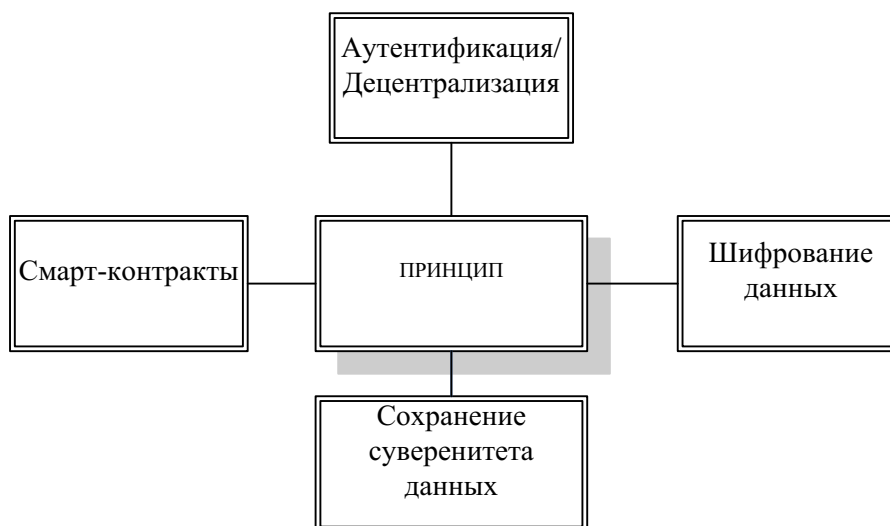


Рис. Принципы обеспечения безопасности данных

1. Принцип «Data Sovereignty». Основной концепцией, заложенной в основу проекта, является сохранение суверенитета данных. Согласно этому принципу, вся информация хранится в соответствующей стране и обрабатывается там же. ЕЦП функционирует как механизм запроса и верификации данных, не выступая местом постоянного хранения. Такое решение снимает опасения по поводу потери контроля над данными и способствует принятию проекта каждым участником [3].
2. Шифрование данных. Весь трафик, проходящий через ЕЦП, подвергается сильному шифрованию с использованием современных асимметричных алгоритмов. Благодаря этому достигается высокая степень защиты данных от несанкционированного доступа и хищения [4].
3. Смарт-контракты. Регулирование доступа к данным производится посредством смарт-контрактов, реализуемых на основе блокчейн-технологий. Контракты определяют условия доступа и сроки использования данных, что исключает возможность произвольного доступа к информации и повышает прозрачность процессов [5].
4. Многофакторная аутентификация и децентрализация идентификации. Внедрение многофакторной аутентификации и технологий децентрализованных идентификаторов (DIDs) повышает надежность защиты системы от несанкционированного доступа и мошеннических атак. Данные меры способствуют увеличению уверенности в подлинности субъектов сети и снижению вероятности возникновения угроз информационной безопасности.

Рекомендации по координации усилий стран БРИКС. Для успешного завершения проекта предлагается следующий алгоритм действий.

Таблица 2

Рекомендации для успешного завершения проекта

Рекомендации	Описание
Создание рабочей группы высокого уровня	Рабочая группа должна состоять из представителей заинтересованных министерств и организаций стран БРИКС. Ее задачей станет обсуждение и разрешение возникающих проблем, координация совместных действий и контроль исполнения принятых решений.
Подписание меморандума о взаимопонимании	Меморандум станет политическим фундаментом проекта, определит его основные цели и задачи, подтвердит готовность сторон сотрудничать и утвердит ключевые положения, касающиеся суверенитета данных и конфиденциальности.

Совместная работа технологических компаний	Поскольку большинство стран БРИКС располагает крупными техническими компаниями, представляется целесообразным объединить их усилия для разработки и последующего сопровождения необходимого программного обеспечения. Так можно добиться экономии средств и достичь оптимального результата.
Последовательное внедрение	Для уменьшения рисков рекомендуется применять принцип «пилотного запуска», предусматривающий сначала экспериментальное применение ЕЦП на ограниченной территории и с минимальным количеством участников. Затем проект можно расширить на всю территорию стран БРИКС.

Таким образом, формирование Единого цифрового пространства для стран БРИКС вполне реально и экономически оправдано. Успех проекта обеспечивается интенсивным взаимодействием сторон, открытым обсуждением возникающих вопросов и совместной работой по поддержанию информационной безопасности. Реализация этих предложений позволит достичь значительных экономических выгод и укрепить международные связи в регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов И. И., Петров П. П. Модели цифровой экономики и перспективы международного сотрудничества // Вестник экономики и менеджмента. 2023. № 2. С. 34–45.
2. Андреев С. Б. Международная логистика и цифровая трансформация // Материалы Международной конференции по проблемам цифровой экономики. Москва, 2024. С. 56–69.
3. Королев В. Т. Политические и правовые аспекты формирования единого цифрового пространства // Политика и право. 2023. № 3. С. 15–28.
4. Григорьева А. В. Методы обеспечения информационной безопасности в условиях глобализации // Сборник трудов Международной школы молодых ученых. Красноярск, 2024. С. 78–92.
5. Федотов Н. Ф. Исследование моделей региональной интеграции и цифрового сотрудничества // Экономика региона. 2023. № 4. С. 12–21.

УДК 681.5.015

АНАЛИТИЧЕСКАЯ АППРОКСИМАЦИЯ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

А. Н. Дилигенская, Г. С. Коптев, А. А. Никифорова

Самарский государственный технический университет

Введение. Одной из актуальных задач в области химических технологий [1] является системный анализ оптических спектров многокомпонентных химически активных веществ. Экспериментальные зависимости, имеющие зачастую только графическое представление, не удобны для их исследования и воспроизведения их качественных характеристик. В такой ситуации возникает задача получения аналитической зависимости, пригодной для моделирования и позволяющей отразить основные свойства химического соединения. Эта задача может быть решена на основе идентификации основных параметров набора гауссовых функций.

Постановка и решение задачи

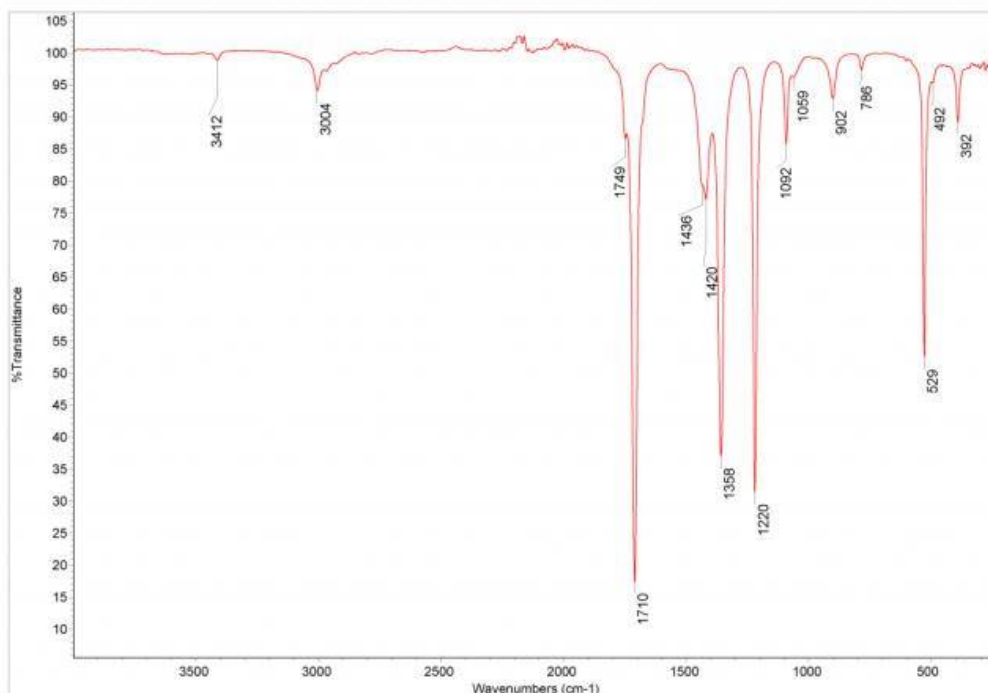
Подлежащая аппроксимации характеристика представлена в виде графика зависимости спектральной плотности от волнового числа. Первым этапом является перевод графика в цифровую форму, что тоже может быть решено неединственным способом и приводит к отличающимся результатам с разным уровнем погрешности оцифровки.

Далее производится структурно-параметрическая идентификация [2]. В качестве структуры используется набор функций Гаусса

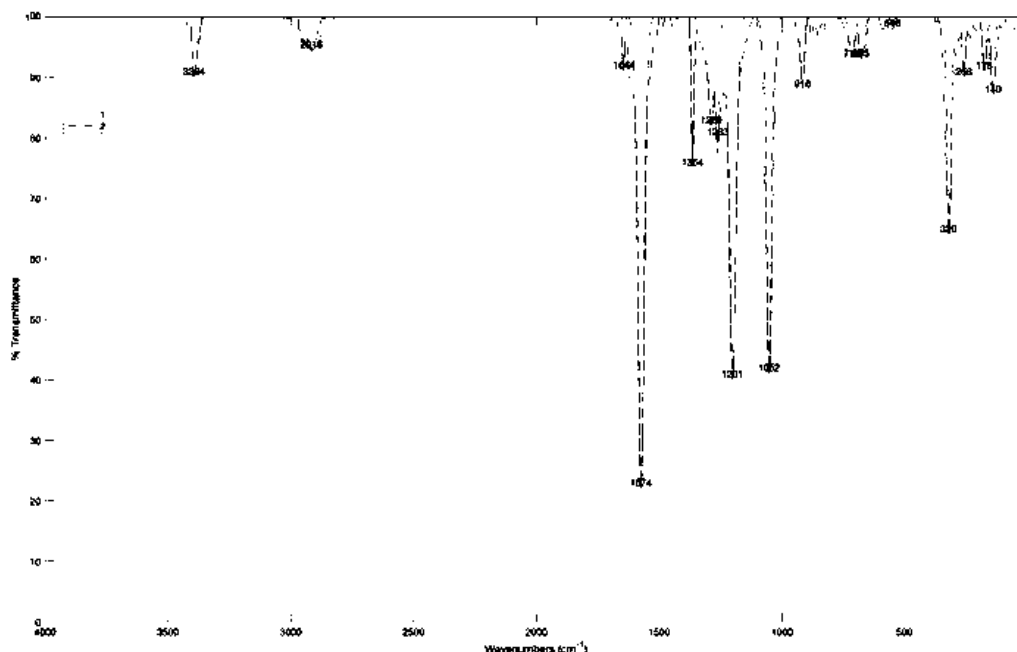
$$G_i(x) = a_i \exp\left(-\frac{(x-b_i)^2}{2c_i^2}\right), i=1, \dots, N,$$

количество которых N определяется числом учитываемых пиков в исследуемом спектре, и каждая из которых задается тремя параметрами. Параметры $a_i, b_i, c_i, i = 1, 2 \dots N$ задают амплитуды, координаты вершин и величину ширины спектральных всплесков. Значения параметров находятся из условия минимизации разности между цифровой формой сигнала и полученным модельным представлением. Задача решается разбиением всей зависимости на сегменты и поиском соответствующих параметров на каждом интервале.

Рисунок содержит некоторые полученные результаты, иллюстрирующие описанный подход. Показаны графическое представление аппроксимируемой характеристики (https://spectra.chem.ut.ee/conservation_materials), результат её оцифровки и полученная модельная реализация.



а) графическое представление сигнала



б) Модельное (1) и цифровое (2) представление сигнала

Рис. Результаты аппроксимации

Заключение

Описанный подход может быть использован для аналитической аппроксимации заданных графически или в цифровой форме зависимостей. Структурно-параметрическая идентификация позволяет получить аналитическое представление исследуемых спектральных функций, удобное для дальнейшего применения в задачах химических технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Богомолов А. Ю. Оптические мультисенсорные системы в аналитической спектроскопии // Журнал аналитической химии. 2022. Т. 77. № 3. С. 227-247.
- 2 Дилигенская А. Н., Коптев Г. С., Никифорова А. А. Задачи идентификации и анализа в физико-химических технологиях // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. Самара, 2024. С. 262-264.

УДК 004.94

АДАПТИВНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ КОРРЕЛИРОВАННЫХ И ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ В КАНАЛАХ СВЯЗИ

В. А. Засов, Н. А. Глазков, Н. А. Журжа

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Подавление помех – ключевой этап первичной обработки данных, напрямую влияющий на достоверность конечных результатов. Хотя адаптивные фильтры успешно очищают сигналы от помех с переменными параметрами, они не способны устранять помехи, коррелированные с полезным сигналом [1, 2]. Известные решения с адаптацией в паузах сигналов также имеют серьёзный недостаток: их применение для прерывистых сигналов возможно лишь при условии, что мощность помех ниже мощности полезного сигнала. В противном случае идентифицировать паузы не представляется возможным.

Для решения этой проблемы в работе предлагается алгоритм и двухступенчатое адаптивное устройство подавления помех, эффективно работающая с импульсными и прерывистыми сигналами в условиях доминирующих мощных помех.

Главное отличие предлагаемого в работе адаптивного подавителя коррелированных помех (АПКП) от существующих аналогов [1-3] заключается в использовании двухступенчатого адаптивного алгоритма [4].

Модель образования в объектах сигналов, поступающих на вход АПКП, показана на рис.1. На схеме представлены источники полезного сигнала s_1 , коррелированной s_2 и некоррелированной s_3 , помех, а также смеси сигналов x_1 и x_2 , которые являются входными сигналами для подавителя АПКП.

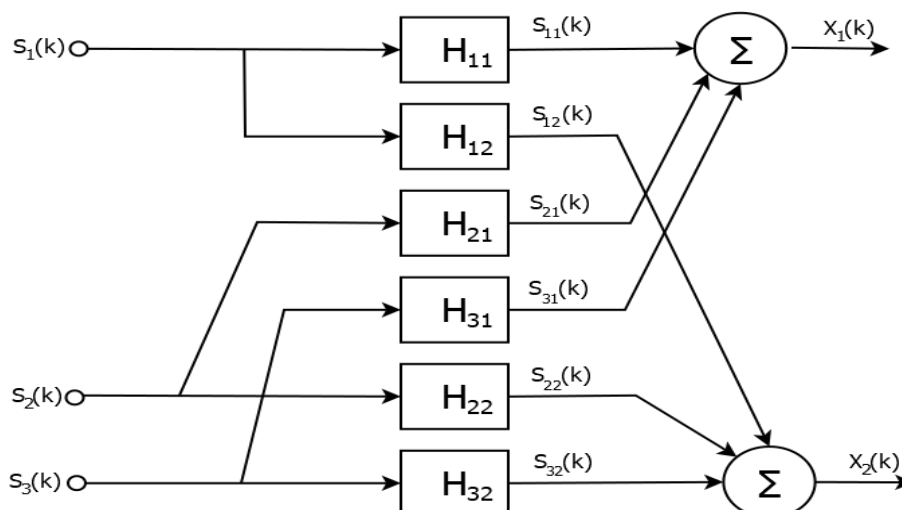


Рис. 1. Модель образования сигналов в объектах контроля

На рис. 2 приведена структурная схема двухступенчатого АПКП.

На первой ступени с помощью декоррелятора (генератора шума ГШ) производится грубая (предварительная) очистка от помех, которая позволяет определить паузы в потоке сигналов.

Вторая ступень состоит из блока суммирования, цифрового фильтра (ЦФ2) и вычислительного устройства (ВУ2) и реализует точное (окончательное) подавление помех использованием адаптации в паузах потока сигналов.

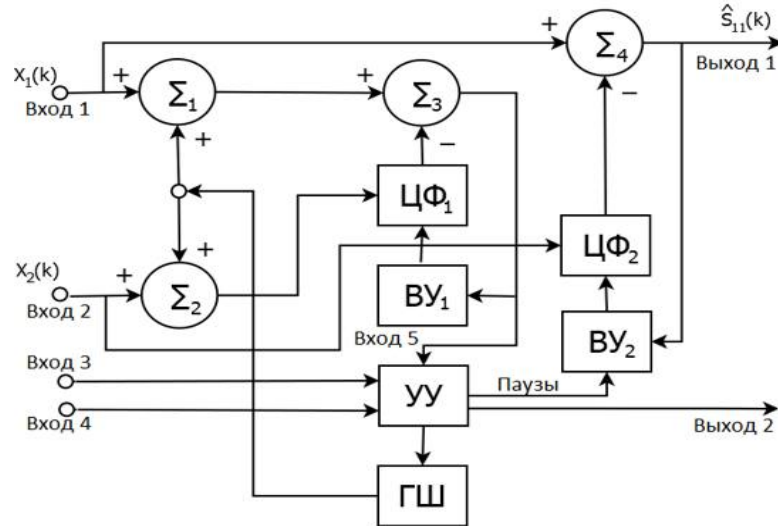


Рис. 2. Структурная схема двухступенчатого АПКП

Эффективность подавления помех двухступенчатым АПКП подтверждается результатами компьютерного моделирования, приведенными на рис. 3.

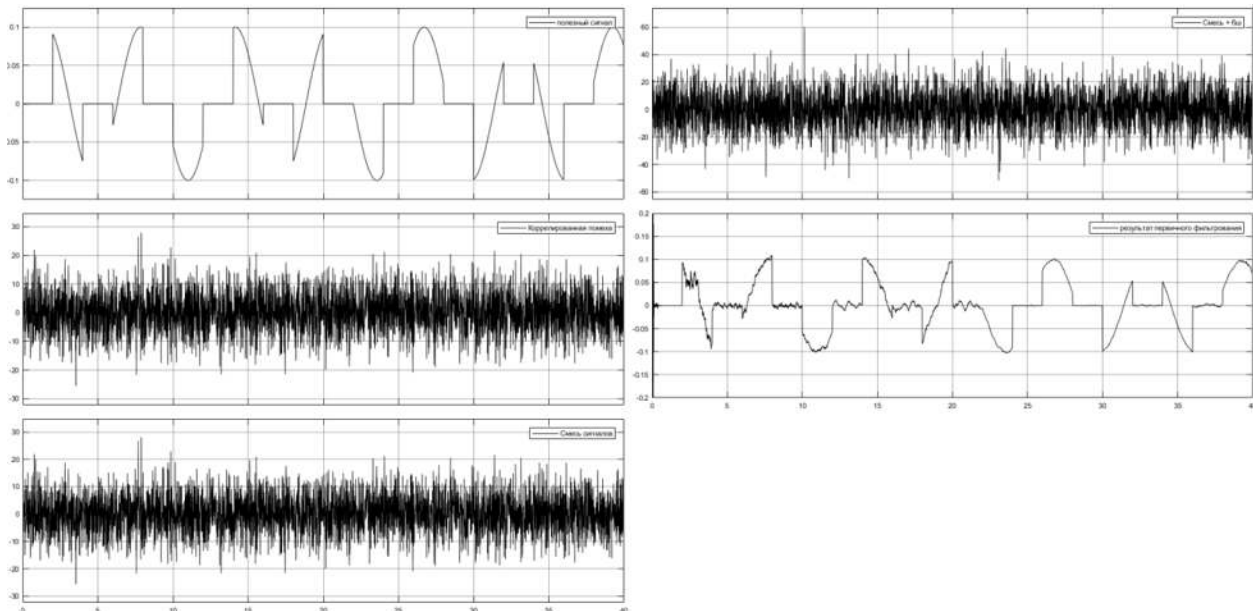


Рис. 3. Результаты компьютерного моделирования подавления помех двухступенчатым АПКП

На позиции 1 рис.3 приведен исходный тестовый сигнал, а на позиции 5 этого рисунка результат подавления в исходном тестовом сигнале коррелированных и флуктуационных помех, которые воздействуют на сигнал, как показано на позиции 2 – позиции 4.

Результаты моделирования демонстрируют, что разработанный АПКП успешно решает поставленную задачу: выходной очищенный от помех сигнал (рис.3 (5)) равен тестовому исходному сигналу (рис.3 (1)) с относительной погрешностью, вычисленной по показателю среднего квадратического отклонения, не превышающей 12 %. При моделировании суммарный уровень мощности потех в 3 раза превышает уровень мощности исходного тестового сигнала.

Структурная схема моделирования работы АПКП приведена на рис.4.

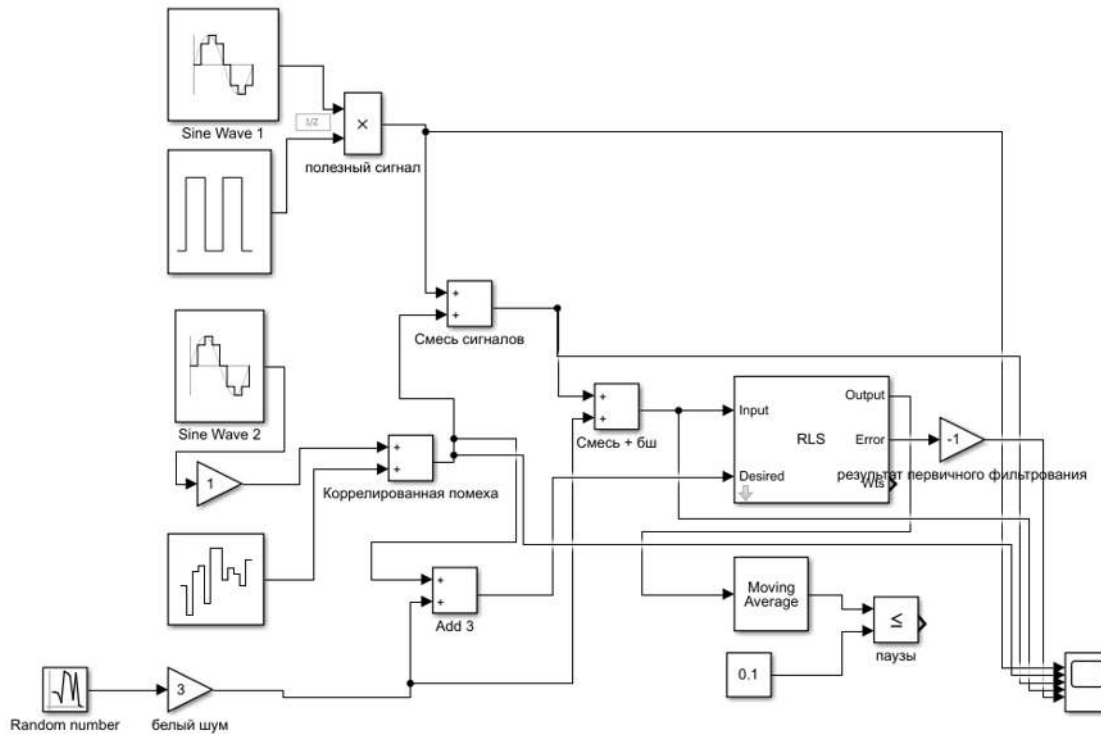


Рис. 4. Структурная схема моделирования работы АПКП

Работа предложенного двухступенчатого АПКП основана на использовании метода декорреляции (отбеливания) сигналов. Для декорреляции коррелированных полезных сигналов и помех используется белый шум, как показано на рис. 4 (блок 3). При большом коэффициенте корреляции отбеливание полезного сигнала и помехи выделить паузы в полезном сигнале, что ограничивает применение АПКП.

Для преодоления этого ограничения предлагается алгоритм и реализующее его адаптивное устройство подавления помех (АУПП), работа которых основана на случайном поиске пауз в потоке сигналов [4]. Алгоритм и предлагаемое устройство АУПП предназначены для подавления коррелированных помех в импульсных периодических сигналах.

Структурная схема предлагаемого АУПП приведена на рис. 5.

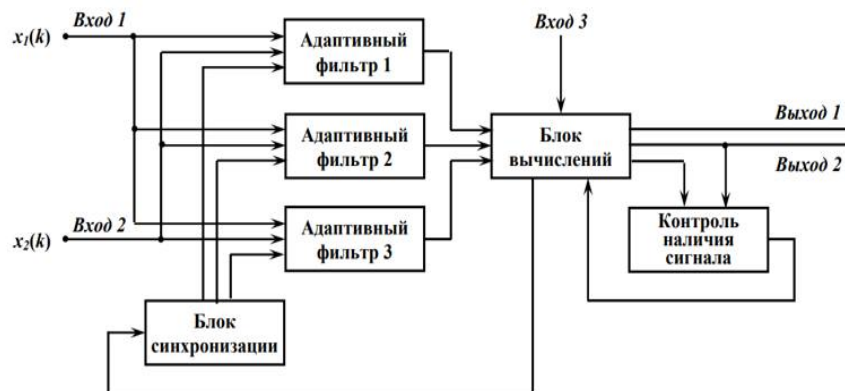


Рис. 5. Структурная схема адаптивного устройства подавления помех (АУПП)

Принцип действия АУПП заключается в обнаружении адаптивными фильтрами АФ1–АФ3 скачкообразных изменений, характерных для импульсных сигналов.

Принцип работы предлагаемого устройства иллюстрируется рис.6.

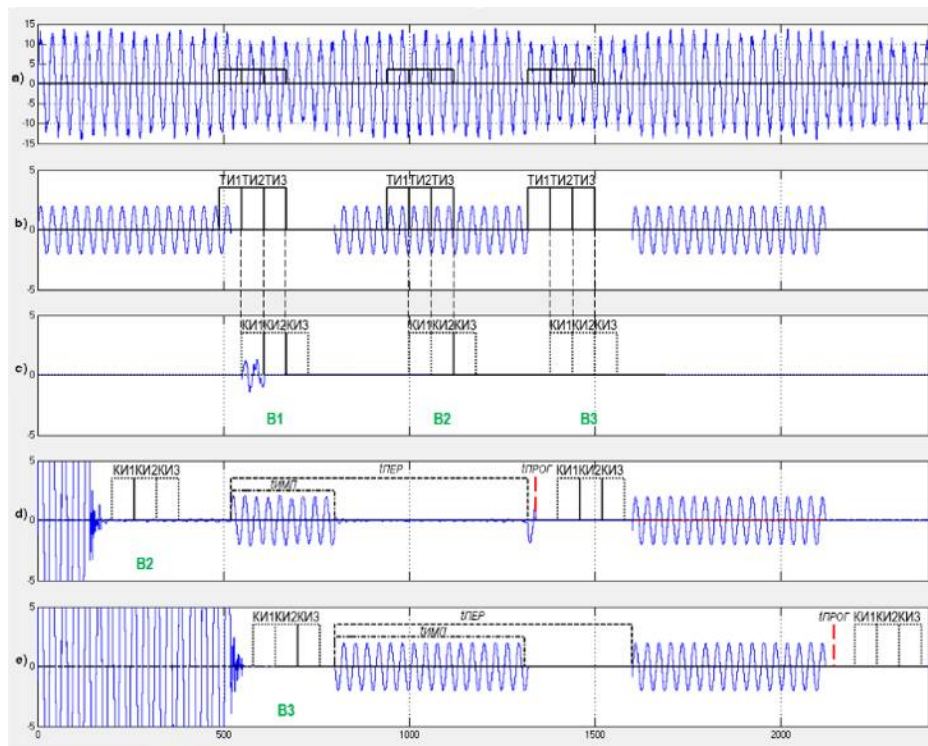


Рис. 6. Иллюстрация принципа работы адаптивного устройства АУПП

В предлагаемом АУПП определение интервалов между импульсами осуществляется блоком вычислений (БВ) путем совместной обработки выходных сигналов АФ1–АФ3. Для этого используются формируемые тестовые (ТИ1–ТИ3) и контрольные (КИ1–КИ3) сигналы.

Сигналы расположены следующим образом: ТИ2 находится в центре группы тестовых сигналов, ТИ1 опережает его, а ТИ3, соответственно, отстает. Такая схема расположения обеспечивает точную локацию интервала адаптации для АФ2 внутри интервалов между импульсами.

Процесс адаптации инициируется в случайный момент времени. Затем блок синхронизации сдвигает группу сигналов ТИ по временной оси с определённым шагом. На каждом шаге выполняется сравнение мощностей выходных сигналов трёх адаптивных фильтров, что позволяет определить оптимальный интервал для настройки. Таким образом происходит обучение АУПП, позволяющее обнаружить импульсные сигналы в потоке зашумленных сигналов.

Если условие равенства мощностей не выполняется в течение заданного интервала времени, система фиксирует отсутствие полезного сигнала в анализируемом потоке и формирует соответствующее сообщение на выходе 2.

В случае успешного обнаружения полезного сигнала производится измерение длительности и периода его импульсов. На основе этих данных вычисляется прогнозируемое время ($t_{прог}$) следующего адаптационного интервала.

Общая логика работы АУПП представлена на схеме алгоритма (рис. 7).

Длительность и период следования импульсов могут изменяться во времени. Это приводит к тому, что прогноз следующих интервалов адаптации, основанный на предыдущих значениях, может быть неточным.

Для устранения данной проблемы в устройстве применяется метод сравнительного анализа результатов адаптации по сигналам ТИ1 и ТИ3, которые расположены соответственно перед и после центрального сигнала ТИ2.

Таким образом, при монотонном изменении параметров импульсной последовательности обеспечивается динамическая подстройка временных интервалов адаптации.

Для проверки эффективности предложенного решения было проведено компьютерное моделирование (рис. 8). Моделирование выполнялось при отношении мощности помех к мощности полезного сигнала 7:1.

Результаты моделирования, представленные на рис. 8, подтверждают работоспособность предложенного устройства АУПП.

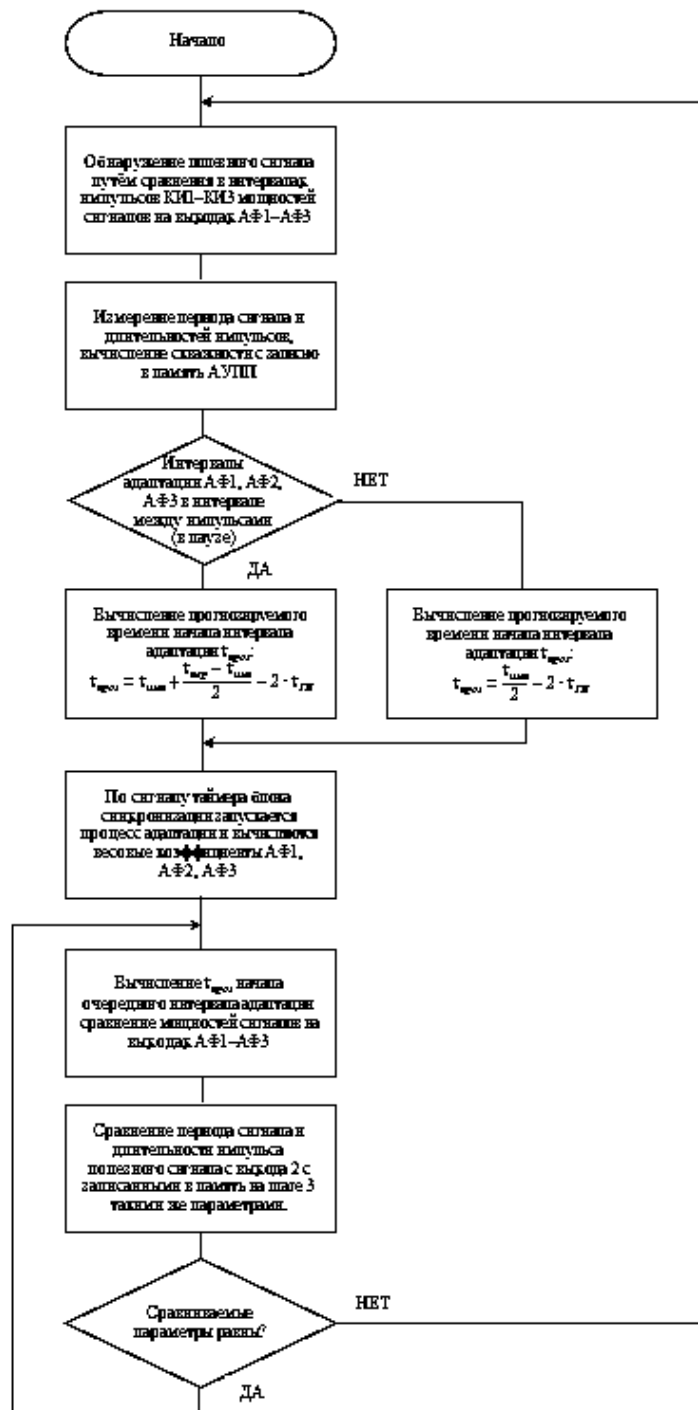


Рис. 7. Схема алгоритма работы устройства АУПП

Результаты моделирования показывают, что разработанный АУПП эффективно очищает от помех импульсные сигналы: выходные очищенные от помех импульсные сигналы (рис.8 (3, 4)) равны тестовому исходному сигналу (рис.8 (1)) с относительной погрешностью, вычисленной по показателю среднего квадратичного отклонения, не превышающей 14 %.

При моделировании суммарный уровень мощности потех в 7 раз превышает уровень мощности исходного тестового сигнала.

Разработки имеет высокую практическую значимость, поскольку надежность и достоверность работы современных систем автоматического управления во многом определяется погрешностью измерений параметров объектов, которые часто определяются косвенно – через анализ параметров сигналов объектов [5].

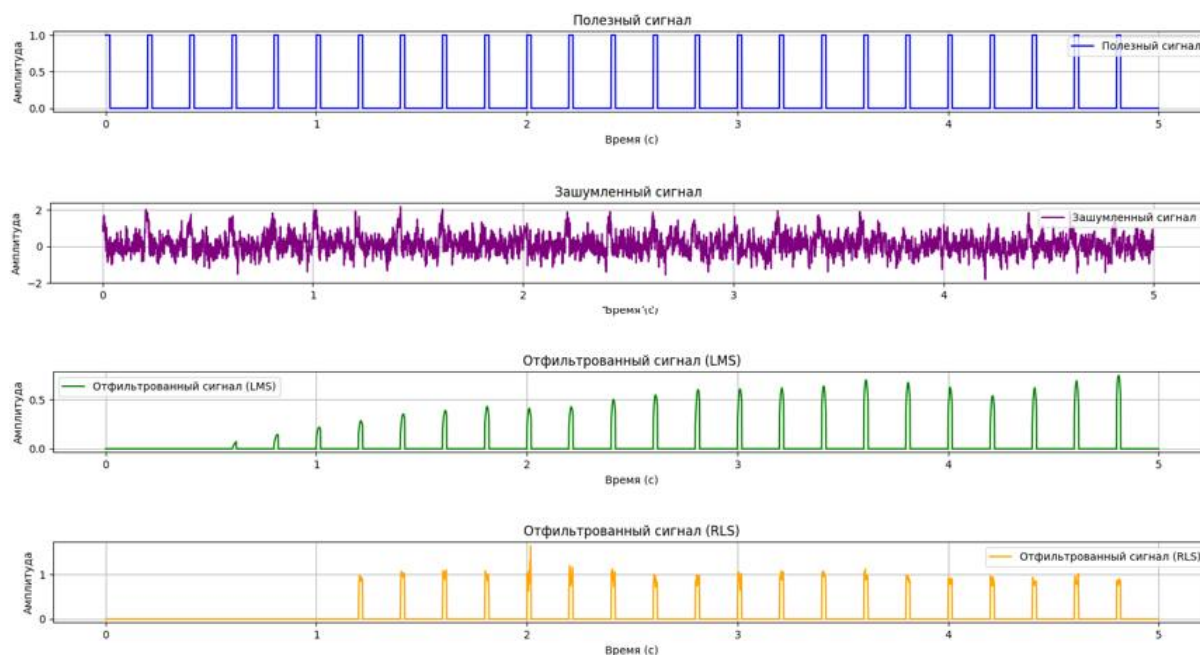


Рис. 8. Результаты моделирования устройства АУПП

Искажение этих сигналов помехами напрямую ведет к ошибкам в определении состояния объекта и, как следствие, к сбоям в управлении. Таким образом, применение АПКП и АУПП позволяют повысить надежность и точность работы автоматизированных систем.

Разработанные АПКП и АУПП перспективны для применения в системах обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте, в частности, в автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН) и технологических каналах связи [5, 6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Haykin S. Adaptive filter theory (4-th ed.). Prentice Hall, New York, 2001, 936 p.
- 2 Джиган В. И. Адаптивная фильтрация сигналов: Теория и алгоритмы. М.: Техносфера, 2013, 528 с.
- 3 Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов (3-изд.). СПб.: БХВ-Петербург. 2011, 768 с.
- 4 Засов В. А., Ромкин М. В. Адаптивный компенсатор помех в импульсных сигналах // Патент на изобретение RU №2736199 от 12.11.2020.
- 5 Засов В. А., Никоноров Е. Н. Контроль устойчивости и обеспечение робастности разделения сигналов в условиях вариаций параметров объекта // Вестник Самарского муниципального института управления. 2011. № 1 (16). С. 158-168.
- 6 Theeg Gr., Vlasenko S. Railway Signalling and Interlocking. International Compendiu (3d ed.), PMMedia House GmbH, Eurail press, 2020, 552 p.

УДК 004.932.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ МАЛОЗАМЕТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В МЕДИАДАННЫХ

В. А. Засов, Д. А. Кашлаков

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Развитие информационных технологий характеризуется значительным увеличением производства и потребления медиаконтента, что создает благоприятную среду для злоумышленников, стремящихся внести незаметные модификации в исходные данные [1]. Особую тревогу вызывают малозаметные изменения (искажения) медиафайлов, которые остаются практически невидимыми для конечного пользователя (например, фото до модификации на рис. 1 и на рис. 2 - с модификацией), но

могут служить инструментом для манипулирования общественным мнением, скрытой передачи конфиденциальной информации или нарушения интеллектуальных прав.

Существующие подходы к обнаружению изменений в медиаданных демонстрируют ограниченную эффективность при анализе малозаметных изменений (модификаций, искажений), требующих высокой чувствительности алгоритмов обнаружения.

Основная задача настоящего исследования заключается в создании надежного алгоритма идентификации малозаметных изменений в медиаданных, обеспечивающего высокую точность распознавания преднамеренных модификаций. Исследование направлено на решение двух ключевых проблем: разработку методики обнаружения скрытых изменений в медиаконтенте и выявление возможностей оптимизации алгоритма для достижения оптимального баланса между чувствительностью и вычислительной эффективностью.



Рис. 1. Фотография без модификации



Рис. 2. Фотография с внесенными изменениями (модификацией)

Предложенный алгоритм основан на декомпозиции видеопотока [2], [3] с выделением статичного фона и динамических изменений посредством покадрового анализа временных различий [4].

Алгоритм включает четыре основных шага обработки данных.

Шаг 1. Вычисление межкадровых разностей. Для каждого кадра i в видеопоследовательности производится расчет двух разностей изображений:

- $D_1 = |Кадр(i) - Кадр(i-1)|$ – разность с предыдущим кадром [3];
- $D_2 = |Кадр(i) - Кадр(i+1)|$ – разность с последующим кадром [3];

Шаг 2. Усреднение разностных значений. Итоговая разность определяется как среднее арифметическое: $Разность = (D_1 + D_2) / 2$. Данный подход позволяет снизить влияние случайных флуктуаций и повысить стабильность детекции [2, 4].

Этап 3. Формирование карты изменений. Создается карта изменений по формуле:

$Карта(i) = \max(Разность_R, Разность_G, Разность_B)$,

где R, G, B представляют цветовые каналы. Использование максимального значения среди каналов обеспечивает чувствительность к изменениям в любом цветовом компоненте [5].

Шаг 4. Адаптивная пороговая фильтрация. Применяется пороговая обработка для устранения шумовых артефактов:

Результат = {Карта(i)=1, если значение > p; Карта(i)=0, если значение ≤ p}, где p – настраиваемый параметр порога детекции [5, 6].

Экспериментальная апробация алгоритма продемонстрировала его эффективность в задачах обнаружения малозаметных изменений в видеоданных.

На представленном изображении результатов работы алгоритма (рис.4) отчетливо видны контуры движущихся объектов (людей), что подтверждает способность системы к точному выделению динамических элементов сцены при подавлении статичного фона (см. рис. 3 и рис. 4).



Рис. 3. Исходное изображение

Анализ показал необходимость развития алгоритма в двух ключевых направлениях.

Во-первых, требуется проведение серии экспериментов для определения оптимального соотношения между статическим фоном и изменениями кадра, что позволит подобрать эффективный порог детектирования для различных сценариев применения [4].

Во-вторых, перспективным направлением развития является внедрение методики кластеризации пикселей для групповой обработки [7, 8], которая в определенных условиях может значительно повысить чувствительность обнаружения малозаметных модификаций.

Полученные результаты свидетельствуют о практической применимости разработанного подхода для решения задач верификации медиаконтента и обнаружения несанкционированных изменений в видеоданных [1, 2].



Рис. 4. Выделенные динамические элементы исходного изображения на рис. 3

По результатам работы можно сделать следующие выводы.

Разработан эффективный алгоритм обнаружения малозаметных изменений в медиаданных, основанный на декомпозиции видеопотока с выделением статичного фона и динамических компонентов. Алгоритм обеспечивает надежное обнаружение преднамеренных модификаций посредством покадрового анализа временных различий с применением адаптивной пороговой фильтрации.

Предложена методика двунаправленного анализа межкадровых разностей, включающая вычисление различий с предыдущим и последующим кадрами с последующим усреднением результатов. Данный подход повышает стабильность обнаружения и снижает влияние случайных флуктуаций на точность обнаружения изменений.

Экспериментально подтверждена работоспособность алгоритма при обнаружении движущихся объектов в видеопоследовательности. Результаты тестирования демонстрируют четкое выделение контуров динамических элементов при эффективном подавлении статичного фона, что свидетельствует о практической применимости разработанного решения.

Определены направления дальнейшего развития алгоритма: адаптивный подбор порогов [9] обнаружения для различных сценариев применения и внедрение кластерного анализа пикселей для групповой обработки. Реализация данных улучшений позволит повысить чувствительность системы к малозаметным изменениям и расширить область ее практического применения.

Разработанный алгоритм может быть использован в системах верификации медиаконтента, обнаружения дезинформации и защиты авторских прав, обеспечивая эффективное выявление несанкционированных модификаций цифровых данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Горохова, Р. И. Алгоритмы обнаружения дублирующего контента в изображениях критической информационной инфраструктуры с использованием методов машинного обучения / Р. И. Горохова, П. В. Никитин // Национальная безопасность / nota bene. 2024. URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=71885.
- 2 Баймухаметова, А. И. Методы вычитания фона для обнаружения объекта в видеопотоке / А. И. Баймухаметова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. С. 74–78. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-7-1-74-78.
- 3 Ковальчук, В. С. Интеллектуальная видеосистема: накопление межкадровых разностей и выделение динамических компонентов / В. С. Ковальчук // Труды НГТУ им. П. Е. Алексеева. 2021. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47314299>.
- 4 Громилин, Г. И. Моделирование случайного пространственно-неоднородного динамического фона на полутоновых изображениях / Г. И. Громилин, В. П. Косых, А. В. Лихачев // Вычислительные технологии. 2022. Т. 27, № 3. С. 6–15. DOI: 10.25743/ICT.2022.27.3.002.
- 5 Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс ; пер. с англ. под ред. П. А. Чочиа. 3-е изд. М. : Техносфера, 2012. 1104 с. ISBN 978-5-94836-331-8.
- 6 Никулин, Е. А. Адаптивное управление медианной фильтрацией изображений / Е. А. Никулин // Труды НГТУ им. П. Е. Алексеева. 2022. № 2. С. 26–35. DOI: 10.46960/1816-210X_2022_2_26.
- 7 Котов, В. В. Цифровая фильтрация изображений слабоконтрастных документов / В. В. Котов, Н. А. Котова // Научный журнал. 2021. С. 269–271. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-9-269-271. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-filtratsiya-izobrazheniy-slabokontrastnyh-dokumentov>.
- 8 Киященко, В. В. Методы морфологического анализа изображений для выявления дефектов на покрытиях / В. В. Киященко // Труды НГТУ им. П. Е. Алексеева. 2025. № 1. С. 26–36. URL: https://journals.eco-vector.com/1816-210X/article/view/680784/ru_RU (дата обращения: 12.11.2025). EDN: HMPBDM.
- 9 Засов В.А., Ромкин М.В. Адаптивный компенсатор помех в импульсных сигналах //Патент на изобретение RU №2736199 от 12.11.2020.

НАСТРОЙКА И КОРРЕКТИРОВКА АГЕНТОВ В АЛГОРИТМЕ ОПТИМИЗАЦИИ РОЕМ СВЕТЛЯЧКОВ

В. А. Засов, И. С. Чапланов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Широкий класс современных прикладных задач в таких областях, как инженерия, наука о данных и экономика, характеризуется высокой размерностью, нелинейностью и наличием множества локальных экстремумов. Для их решения успешно применяются метаэвристические алгоритмы, не требующие вычисления градиентов и устойчивые к особенностям поверхности целевой функции [1, 2]. Среди них выделяются методы, основанные на принципах роевого интеллекта (Swarm Intelligence), в частности, алгоритм оптимизации роем светлячков (FA), предложенный Синь-Шэ Янгом [3].

Алгоритм оптимизации роем светлячков (Firefly Algorithm, FA) является популярным метаэвристическим методом, применяемым для решения сложных задач оптимизации. Основной проблемой при его использовании остается чувствительность к начальной настройке параметров, что обуславливает актуальность разработки адаптивных механизмов их корректировки.

Практическое использование FA сопряжено с трудностью ручного подбора управляющих параметров. Их статическая, заранее заданная конфигурация часто оказывается неэффективной для различных типов целевых функций, что приводит либо к преждевременной сходимости в локальный оптимум, либо к недопустимо медленному поиску глобального решения [4].

Таким образом, актуальной задачей является разработка таких механизмов настройки и корректировки агентов FA, которые позволили бы алгоритму динамически адаптироваться к особенностям решаемой задачи в процессе поиска.

Цель работы – исследование влияния параметров FA на его эффективность и разработка на этой основе адаптивных стратегий их настройки для повышения

В работе проводится анализ ключевых параметров алгоритма: коэффициента поглощения света, коэффициента случайности и базовой привлекательности. Исследуется их влияние на баланс между затратами времени на предварительные экспериментальные исследования и последующими затратами времени на эксплуатацию в поисковом пространстве.

Цель работы – исследование влияния параметров FA (параметров агентов) на его эффективность и разработка на этой основе адаптивных стратегий их настройки для уменьшения погрешности поиска экстремумов.

В основе алгоритма FA лежит модель поведения светлячков, где каждый агент (светлячок) ассоциируется с решением в пространстве поиска, а его яркость определяется значением целевой функции. Позиция i -го светлячка на итерации $t+1$ обновляется согласно формуле (1) [2, 5]:

$$\mathbf{x}_i^{(t+1)} = \mathbf{x}_i^{(t)} + \beta_0 e^{(-\gamma r_{ij}^2)} (\mathbf{x}_j^{(t)} - \mathbf{x}_i^{(t)}) + \alpha \boldsymbol{\varepsilon}_i^{(t)} \quad (1)$$

где $\mathbf{x}_i$ – исходная позиция i -го светлячка;

- β_0 – базовая привлекательность;
- γ – коэффициент поглощения света;
- r_{ij} – евклидово расстояние между светлячками i и j ;
- α – коэффициент случайности в поиске;
- $\boldsymbol{\varepsilon}_i$ – вектор случайных чисел.

Анализ показывает, что параметры γ и α оказывают решающее влияние на баланс (сочетание) между глобальным поиском экстремумов (по множеству всех агентов) и локальным поиском (по отдельным агентам). Для устранения жесткой зависимости от начальных параметров агентов в работе предложены следующие стратегии адаптации.

1. Адаптация коэффициента поглощения света (γ). Для обеспечения плавного перехода от глобального поиска к локальному предлагается увеличивать значение γ от минимального ($\gamma_{\min}$) к максимальному ($\gamma_{\max}$) по нелинейному закону (2):

$$\gamma(t) = \gamma_{\min} + (\gamma_{\max} - \gamma_{\min}) * (t / T)^2 \quad (2)$$

где t – текущая итерация, T – максимальное число итераций.

2. Адаптация коэффициента случайности (α). Для снижения уровня стохастических возмущений по мере сходимости алгоритма предлагается использовать стратегию, аналогичную имитации отжига (3):

$$\alpha(t) = \alpha_0 * 0.97^t \quad (3)$$

где α_0 – начальное значение коэффициента.

В рамках исследования был реализован классический алгоритм FA и его модификация FA-Adapt с предложенными адаптивными механизмами. Для проверки результатов работы алгоритмов использовалась использовался набор тестовых функций: сфера (унимодальная) и Растригина (мультимодальная).

Для сравнительного анализа эффективности стандартного и адаптивного алгоритмов был проведен вычислительный эксперимент.

Параметры для FA были установлены следующим образом: размер популяции $n=20$, $\beta_0=1.0$, $\gamma=1.0$ (для статического), $\alpha=0.2$ (для статического).

Для FA-Adapt установлены следующие начальные значения: $\gamma_{\min}=0.1$, $\gamma_{\max}=2.0$, $\alpha_0=0.5$. Максимальное число итераций $T=100$.

Каждый эксперимент повторялся 30 раз для обеспечения статистической значимости.

Ключевым критерием оценки послужила скорость сходимости алгоритмов.

На рис. 1 представлен график сходимости для мультимодальной тестовой функции Растригина.

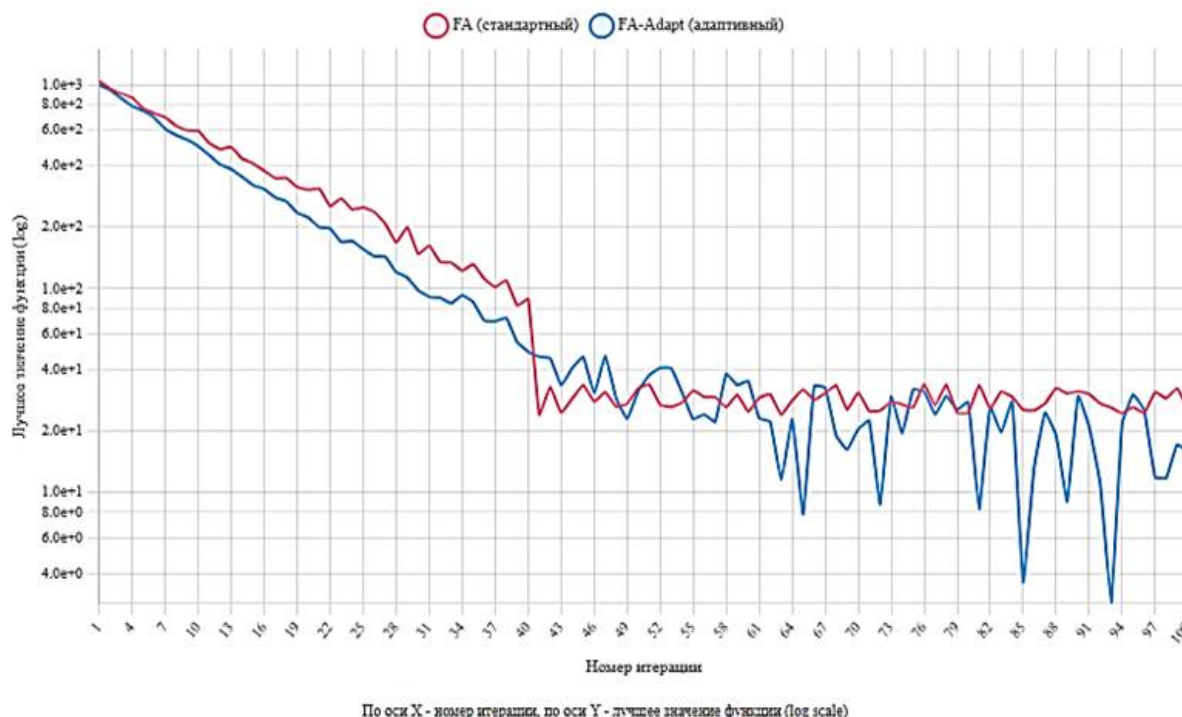


Рис. График сходимости алгоритмов FA и FA-Adapt на функции Растригина

На рис. по оси X указан номер итерации, по оси Y – лучшее значение функции в логарифмическом масштабе.

График наглядно демонстрирует, что стандартный алгоритм FA прекращает существенное улучшение решения (выходит на плато) примерно на 40-й итерации, что свидетельствует о попадании в локальный экстремум.

В то же время, модифицированный алгоритм FA-Adapt продолжает активный поиск и находит существенно лучшее решение к концу вычислительного процесса (94 итерация).

Количественные результаты экспериментов (среднее значение и стандартное отклонение лучшего найденного решения) приведены в табл.

Сравнение результатов работы алгоритмов FA и FA-Adapt

Тестовая функция	Алгоритм	Среднее значение	Стандартное отклонение
Сфера	FA	4.7e-04	2.1e-04
	FA-Adapt	3.2e-05	1.5e-05
Растрингин	FA	24.76	5.83
	FA-Adapt	5.14	1.92

Данные таблицы подтверждают, что адаптивная настройка параметров позволяет не только избежать преждевременной сходимости на сложных мультимодальных функциях, но и повысить точность финального решения на функциях простого ландшафта.

Разработанные стратегии адаптации параметров носят универсальный характер и могут быть интегрированы в существующие программные реализации алгоритма FA без значительных вычислительных накладных расходов.

Вычислительные эксперименты на тестовых функциях показывают, что предложенные подходы позволяют существенно снизить риск преждевременной сходимости и повысить точность решения по сравнению со стандартной версией алгоритма. Результаты работы могут быть применены для повышения эффективности решения прикладных задач в области проектирования сложных систем, машинного обучения и управления.

Это открывает возможности для их практического применения в различных областях:

1. Машинное обучение: для автоматической настройки параметров сложных моделей, таких как глубокие нейронные сети.
2. Проектирование в технике: для оптимального выбора параметров компонентов при конструировании летательных аппаратов, антенн и других сложных систем.
3. Логистика и управление цепями поставок: для решения задач маршрутизации и оптимизации складских запасов.

Внедрение адаптивного FA позволяет снизить трудозатраты на предварительный подбор параметров алгоритма и повысить надежность решения оптимизационных задач в условиях неполной априорной информации о свойствах целевой функции.

В результате проведенного исследования были систематизированы проблемы, связанные с настройкой параметров алгоритма (агентов) оптимизации роем светлячков. Предложены и апробированы стратегии динамической адаптации коэффициента поглощения света и коэффициента случайности. Установлено, что предложенные подходы обеспечивают:

- существенное повышение точности поиска глобального оптимума на мультимодальных тестовых функциях.
- снижение риска преждевременной сходимости популяции агентов.
- универсальность и простоту интеграции в существующие реализации алгоритма.

Перспективным направлением для дальнейших исследований является разработка более сложных механизмов адаптации, основанных на онлайн-анализе состояния роя, например, на измерении его условий работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Засов В. А., Чапланов И. С. Помехоустойчивость алгоритма оптимизации роем светлячков в условиях воздействия структурированных и случайных помех // Наука и образование транспорту. 2024. № 2. С. 26-30.
- 2 Бойко И. М., Сидоров А. В. Современные метаэвристические алгоритмы глобальной оптимизации: учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019, 124 с.
- 3 Yang X.-S. Firefly algorithm, stochastic test functions and design optimisation // International Journal of Bio-Inspired Computation. 2010. Vol. 2, № 2. P. 78–84.
- 4 Fister I., Fister Jr I., Yang X.-S., Brest J. A comprehensive review of firefly algorithms // Swarm and Evolutionary Computation. 2013. Vol. 13. P. 34–46.
- 5 Wang H., Wang W., Zhou X. et al. Firefly algorithm with adaptive control parameters // Soft Computing. 2017. Vol. 21, № 17. P. 5091–5102.

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ РАБОТЫ JIT КОМПИЛЯЦИИ

Д. В. Зорин, М. Н. Липатова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В статье проведен обзор видов компиляции и их взаимодействие с разными средами. Правильно подобранная настройка JIT компиляции позволяет оптимизировать разработку приложений на Java.

В современном мире большие корпорации, такие как ОАО «РЖД», активно используют корпоративные Java-приложения для различных автоматизаций процессов управления: перевозки грузов и пассажиров, логистики и документооборота. Из-за постоянного роста объемов данных и необходимости увеличения скорости обработки информации требуется повышение оптимизации работы приложений, поэтому в данной статье рассматривается скорость выполнения кода в зависимости от варианта его исполнения. Для этого предлагается ввести анализ различных способов исполнения Java-кода – интерпретации, JIT- и AOT-компиляции – и сравнить их влияние на производительность приложений. В следствии этого, в виртуальной машине Java был введен ключевой инструмент, повышающий оптимизацию и увеличивающий скорость работы приложений - JIT-компиляция (Just-In-Time) [1].

JIT-компиляция или динамическая компиляция - это технология увеличения производительности программ, использующих в своей основе байт-код. Достигается это путём компиляции байт-кода в машинный код или в другой формат непосредственно во время работы программы. Таким образом получается высокая скорость выполнения, по сравнению с интерпретируемым байт-кодом, жертвуя потреблением памяти для хранения результатов компиляции и затрат времени на компиляцию. Технология JIT основана на двух более ранних идеях, касающихся среды выполнения: компиляции байт-кода и динамической компиляции [2].

Процесс JIT-компиляции можно условно разделить на несколько этапов:

1. Профилирование кода – это отслеживание частоты вызова методов.
2. Компиляция горячих методов - выбранные участки кода переводятся в машинные инструкции.
3. Применение оптимизаций - удаление мертвого кода, оптимизация циклов.
4. Деоптимизация - возврат к интерпретации, если исходные предположения компилятора оказались неверными [2].

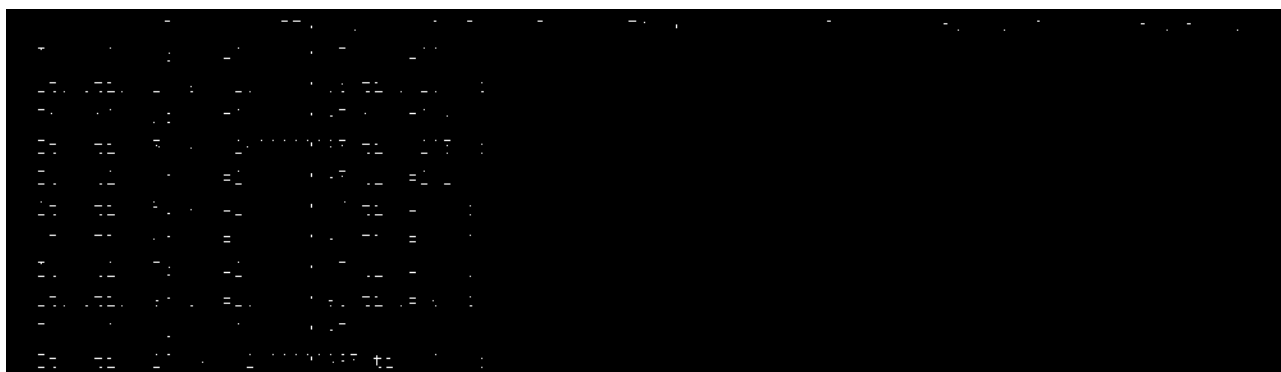
Основу реализации в компилировании программ берет на себя HotSpotJVM – главная виртуальная машина Java. В HotSpot JVM существует несколько компиляторов. C1 (Client compiler) обеспечивает быстрый старт приложения, но ограничен по глубине оптимизаций. C2 (Server compiler) выполняет агрессивные оптимизации и даёт максимальную производительность при длительном выполнении. Современная Graal VM объединяет преимущества предыдущих компиляторов и позволяет использовать как JIT, так и AOT (Ahead-of-Time) компиляцию.

Для предприятий РЖД, важно найти баланс между быстрым запуском приложений и их производительностью. Например, при разработке микросервисов, обрабатывающих кратковременные запросы, предпочтительно использовать Graal AOT, обеспечивающий минимальное время запуска. Для серверов обработки больших потоков данных оптимальным выбором остаётся ServerCompiler(C2), обеспечивающий глубокие оптимизации и высокую пропускную способность.

Рассмотрим примеры работы компиляции на практике. Создадим тестовую программу, которая будет вычислять одно и то же значение 100 миллионов раз. Мы будем считывать время вычисления (рис. 1).

```
1 public class JitMathTest {
2     public static void main(String[] args) {
3         long start = System.nanoTime();
4         long sum = 0;
5         for (int j = 0; j < 10; j++) {
6             sum = 0;
7             for (int i = 0; i < 100_000_000; i++) {
8                 sum += i % 3 * 17;
9             }
10            long time = (System.nanoTime() - start) / 1_000_000;
11            System.out.println("Iteration " + j + ": sum=" + sum + " time=" + time + " ms");
12            start = System.nanoTime();
13        }
14    }
15 }
```

Рис. 1. Код программы



```
Iteration 0: sum=1190000000000000000 time=1000.000 ms
Iteration 1: sum=1190000000000000000 time=1000.000 ms
Iteration 2: sum=1190000000000000000 time=1000.000 ms
Iteration 3: sum=1190000000000000000 time=1000.000 ms
Iteration 4: sum=1190000000000000000 time=1000.000 ms
Iteration 5: sum=1190000000000000000 time=1000.000 ms
Iteration 6: sum=1190000000000000000 time=1000.000 ms
Iteration 7: sum=1190000000000000000 time=1000.000 ms
Iteration 8: sum=1190000000000000000 time=1000.000 ms
Iteration 9: sum=1190000000000000000 time=1000.000 ms
```

Рис. 2. Результаты работы программы

Исходя из 10 итераций уже можно заметить результаты (Рис. 2). Первые 5 итераций проходят более чем за 100 миллисекунд. После чего в работу вступает JIT, который «подхватывает» выполнение метода и компилирует его в машинный код, из-за этого время выполнения немного уменьшается, но при выполнении большого количества итераций эффект будет более значительным.

Числовые операции в целом хорошо оптимизируются JIT компилятором, однако при работе со строками ситуация совсем другая. Строки в Java являются неизменяемыми ссылочными объектами, поэтому каждая операция конкатенации начинается с создания новой строки, что многократно увеличивает затраты по времени и памяти [3].

Рассмотрим второй пример – конкатенация строк. Попробуем замерить выполнение обычного сложения строк против готового Java решения – `StringBuilder`.

`StringBuilder` – готовая реализация класса Java. Предназначенная для эффективного создания и модификации строковых данных. В отличие от стандарта реализации строк `String` которые представляют собой неизменяемые (иммутабельные) объекты, `StringBuilder` способен изменять содержимое без создания новых экземпляров. Это позволяет значительно сократить количество выделяемой памяти и ускоряет операцию объединения строк.

При использовании оператора «+» для сложения строк, компилятор фактически создает множество временных объектов класса `String`, что приводит к повышению нагрузки на сборщик мусора (`GarbageCollector`) и снижает производительность при работе с большими данными.

Класс `StringBuilder` способен решить данную проблему, с помощью предоставления изменяемого буфера символов, в котором все изменения происходят In-time (на месте) (Рис. 3).

```

1  public class StringTest {
2      public static void main(String[] args) {
3          int N = 50_000;
4          long start = System.currentTimeMillis();
5          String s = "";
6          for (int i = 0; i < N; i++) {
7              s += i;
8          }
9          System.out.println("Concat + time " + (System.currentTimeMillis() - start) + " ms");
10         start = System.currentTimeMillis();
11         StringBuilder sb = new StringBuilder();
12         for (int i = 0; i < N; i++) {
13             sb.append(i);
14         }
15         System.out.println("StringBuilder time " + (System.currentTimeMillis() - start) + " ms");
16     }
17 }

```

Рис. 3. Код программы по складыванию чисел

Результаты впечатляющие (Рис. 4). StringBuilder выполнил сложение 50 тысяч строк более чем в 400 раз быстрее! В малых программах такой прирост не ощутим, но при больших и постоянных вычислениях, готовые решения позволят добиться прироста скорости в тысячи процентов.

```

/home/can/.jicks/connetto-17.0.13/bin/java
Concat + time 9571s
StringBuilder time 21s

Process finished with exit code 0

```

Рис. 4. Результаты сложения строк

Несмотря на эффективность JIT-компиляции, её применение не всегда гарантирует максимальный прирост производительности. Как показали примеры, начальные итерации выполняются медленно, и только после прогрева можно заметить сокращение времени работы. Однако в реальных условиях, например в корпоративных системах РЖД, где критически важны высокая скорость обработки и стабильность, нельзя полагаться исключительно на JIT. Здесь на первый план выходят грамотный выбор готовых решений и оптимизация кода.

В заключении можно сказать, что при правильной совместимости механизмов JIT-компиляции с архитектурой приложения и рациональном использовании инструментов языка Java можно добиться ощутимого прироста производительности и обеспечить необходимое быстродействие для промышленных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 URL: <https://habr.com/ru/sandbox/187576/> (Дата обращения 15.09.2025)
- 2 URL: <https://java-blog.ru/osnovy/jit-kompilyatsiya-java> (Дата обращения 16.09.2025)
- 3 Дрянкова Д.А. Работа со строками в языке программирования PYTHON. Студенческий вестник. 2023. № 47-10 (286). С. 47-51

ВЕБ-СИМУЛЯТОР ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛАНИРОВЩИКА ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА МНОГОУРОВНЕВОЙ ОЧЕРЕДИ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Р. Е. Квасков, А. Р. Кокин, А. П. Припутников

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современные операционные системы представляют собой сложные программные комплексы, которые для эффективного распределения ресурсов вычислительной машины между конкурирующими процессами используют алгоритмы планирования [1, 2]. Одним из центральных механизмов, обеспечивающих алгоритмическое распределение, является планировщик процессов, от работы которого напрямую зависят такие характеристики системы, как отзывчивость (реактивность), общая пропускная способность, время реакции системы и коэффициент задержки. Среди множества алгоритмов планирования алгоритм Multi-Level Feedback Queue [3, 4] (MLFQ или многоуровневая очередь с обратной связью) занимает особое место в планировщиках, так как он не требует априорного знания времени выполнения процессов и демонстрирует высокую эффективность на смешанных рабочих нагрузках.

Целью данной работы является описание процесса разработки и реализации интерактивного веб-симулятора, наглядно демонстрирующего принципы функционирования алгоритма MLFQ. Создаваемый симулятор призван стать образовательным инструментом, позволяющим пользователям не только пассивно изучать теорию, но и активно экспериментировать: создавать собственные наборы процессов, динамически изменять параметры планировщика (количество очередей, кванты времени, правила повышения приоритета и др.) и в реальном времени наблюдать за результирующим поведением системы, включая визуализацию переключения контекста.

Актуальность разработки подобного симулятора обусловлена несколькими факторами. Во-первых, алгоритм MLFQ и его модификации лежат в основе планировщиков многих современных операционных систем, включая различные версии UNIX, Linux и Windows. Понимание его работы необходимо для системных программистов и архитекторов. Однако, в отличие от более простых алгоритмов (таких как Round-Robin или SJF), поведение MLFQ не всегда интуитивно понятно без визуального подкрепления. Динамическое изменение приоритетов процессов на основе их прошлого поведения создает сложную систему с обратной связью, которую трудно осмыслить лишь по текстовому описанию или формулам.

Научная и практическая новизна представленной работы заключается в следующем. В отличие от существующих, зачастую десктопных [5] или консольных симуляторов [6], данный проект реализован как одностраничное веб-приложение (Single-Page Application), что обеспечивает его кроссплатформенность и мгновенную доступность для любого пользователя с современным браузером, таким образом, существенно расширяет потенциальную аудиторию и упрощает его использование в образовательных целях. Также предлагается детализированная и модульная архитектура симулятора, которая не просто имитирует «классический» MLFQ, но и предоставляет расширенный набор настроек для исследования краевых случаев и тонких аспектов алгоритма. Пользователь может экспериментировать не только с базовыми параметрами (кванты времени для каждой очереди), но и с такими правилами, как:

- Периодическое повышение приоритета (Boost): Имитация механизма «старения» для борьбы с голоданием.
- Стратегия демотивации: Правила понижения приоритета процесса после использования его кванта времени или при блокировке на операциях ввода-вывода.
- Учет истории (Feedback): Моделирование различных подходов к учету предыдущего поведения процесса для принятия решений о его приоритете.

Также новизной является упор на пошаговую визуализацию, когда пользователь может не только запустить симуляцию на полную скорость, но и проходить ее шаг за шагом, наблюдая, как изменяются внутренние структуры данных планировщика (состояние очередей, приоритеты процессов, оставшееся время) после каждого принятого решения.

В результате проведенной работы был разработан полнофункциональный веб-симулятор планировщика операционной системы, внешний вид которого представлен на рисунке 1, реализующий алгоритм Multi-Level Feedback Queue, описанный в работе [3]. Симулятор успешно прошел серию тестов, подтвердивших корректность его работы и адекватность отображения процессов планирования.

Основные преимущества разработанного решения – это его доступность, интерактивность и глубина настройки (см. рисунок 2), что выгодно отличает его от существующих аналогов [5, 6].


MLFQ симулятор - Multilevel Feedback Queue

Добавление процесса

Имя процесса

Введите имя процесса

Общее время (мс)

10

-

+

I/O частота (мс)

5

-

+

Приоритет

0 (Высокий)

▼

Добавить процесс

Управление симуляцией

Старт

Шаг

Стоп

Сброс

Статистика симуляции

Параметр	Значение
Текущее время	0 мс
Переключений контекста	0
Завершено процессов	0 / 0
Активных процессов	0
Всего процессов	0
Статус симуляции	Остановлена

>

Отладочная информация

Состояние очередей

Очередь 0 (квант: 4 мс): пусто

Очередь 1 (квант: 8 мс): пусто

Очередь 2 (квант: 16 мс): пусто

Список процессов

Добавьте процессы для отображения

Лог выполнения

Система инициализирована

Визуализация выполнения процессов MLFQ

Очередь 0 (Высокий)

Очередь 1 (Средний)

Очередь 2 (Низкий)

График выполнения

Запустите симуляцию для отображения графика

Рис. 1. Внешний вид веб-приложения алгоритма планирования Multi-Level Feedback Queue (MLFQ)

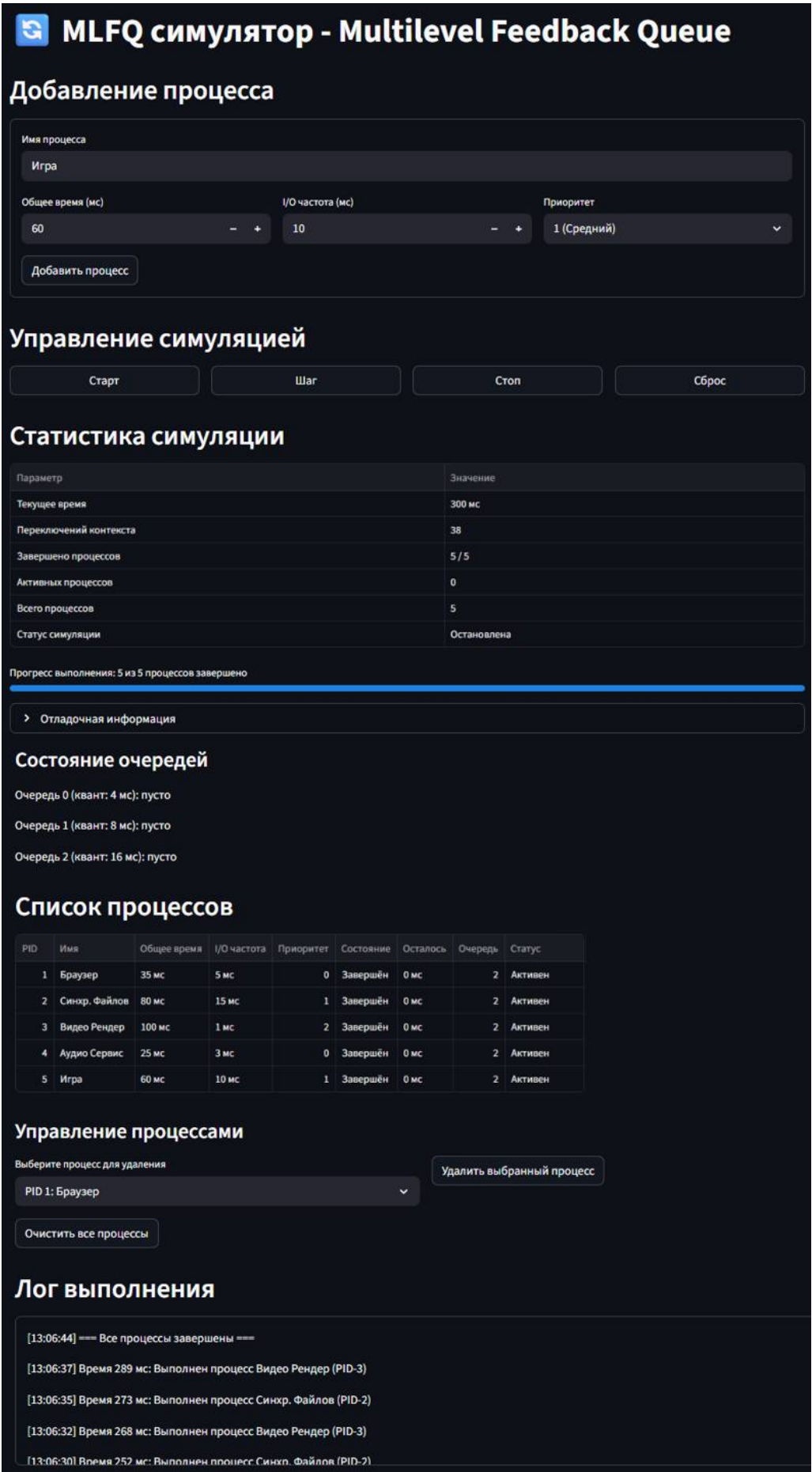


Рис. 2. Внешний вид веб-приложения алгоритма планирования MLFQ: ввод исходных данных для моделирования

Практическая значимость проекта подтверждается его потенциальным использованием в учебных курсах по операционным системам и теории вычислительных процессов. Программный продукт позволяет студентам трансформировать абстрактные теоретические знания в конкретное понимание причинно-следственных связей внутри сложного алгоритма. Проведенные эксперименты с различными настройками и рабочими нагрузками наглядно демонстрируют (см. рисунок 3), как параметры MLFQ влияют на такие метрики, как среднее время ожидания, время отклика и оборачиваемости.

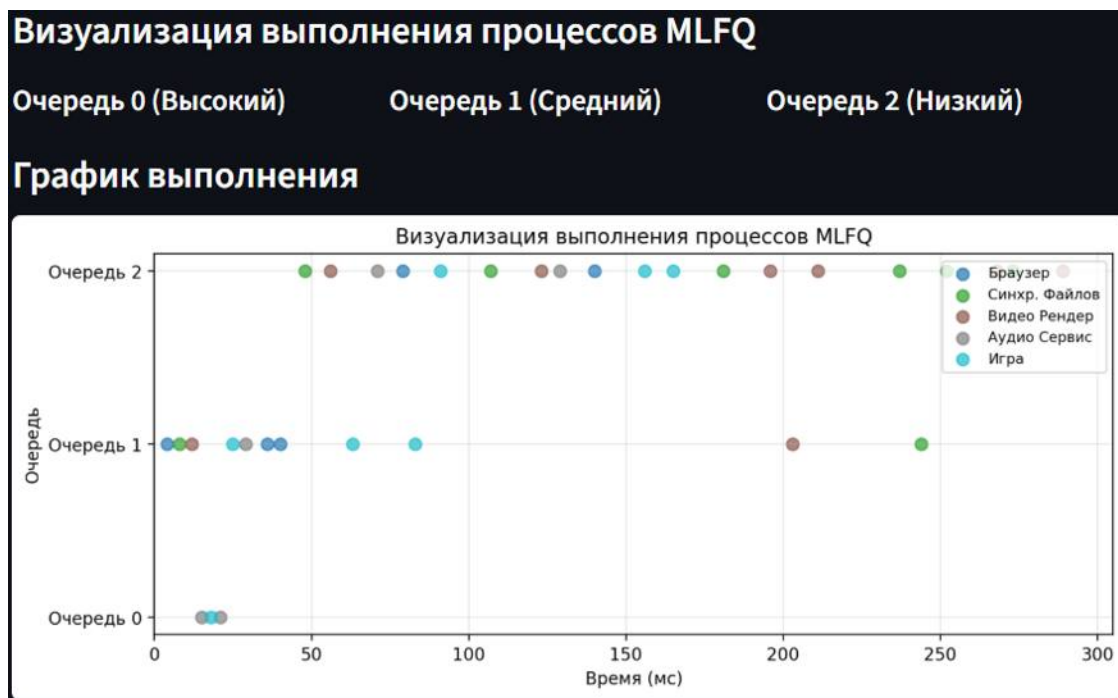


Рис. 3. Внешний вид веб-приложения алгоритма планирования MLFQ: ввод исходных данных для моделирования

В перспективе созданная платформа может быть расширена за счет реализации других алгоритмов планирования (например, CFS или BFS [2, 3]), что позволит проводить их сравнительный анализ в единой среде. Архитектура предлагаемого симулятора открывает возможности для исследований по модификации и оптимизации классического алгоритма MLFQ для специфических сценариев, таких как планирование в системах реального времени или в средах виртуализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гусев, И. С. Алгоритм планирования, основанный на справедливом распределении процессорного времени / И. С. Гусев // Вестник Томского государственного университета. 2002. № 275. С. 120-123. EDN OYCDDN.
- 2 Олифер В.Г., Олифер Н.А. Сетевые операционные системы. СПб.: Издательский дом Питер, 2001.
- 3 Арпачи-Дюрсо, Р. Операционные системы. Три простых элемента / Р. Арпачи-Дюрсо, А. Арпачи-Дюрсо ; перевод с английского А. А. Слинкина. Москва : ДМК Пресс, 2021. 730 с. ISBN 978-5-97060-932-3. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/241058> (дата обращения: 10.10.2025). URL: для авториз. пользователей.
- 4 Dynamic multi-level feedback queuing based packet scheduling for datacenter networks / S. Wang, W. Zhang, X. Wu [et al.] // Proceedings - 2021 7th International Conference on Big Data Computing and Communications, BigCom 2021 : 7, Deqing, 13-15 августа 2021 года. Deqing, 2021. P. 1-6. DOI 10.1109/BigCom53800.2021.00019. EDN TYLQEQ.
- 5 Беляева, М. Б. Разработка учебного приложения по планированию использования процессорного времени / М. Б. Беляева, О. В. Назарова // Научный электронный журнал Меридиан. 2019. № 9(27). С. 105-107. EDN VMGEMS.
- 6 Голосов, П. Е. Об имитационном моделировании функционирования операционной системы с вытесняющим планированием / П. Е. Голосов, И. М. Гостев // Телекоммуникации. 2021. № 8. С. 2-22. DOI 10.31044/1684-2588-2021-0-8-2-22. EDN BAHENW.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЧЕК У ДЕТЕЙ НА ЯЗЫКЕ PYTHON

А. Р. Кокин¹, О. А. Седашкина², И. Л. Сандлер¹, Р. Е. Квасков¹, А. А. Седашкин³

¹Приволжский государственный университет путей сообщения

²Самарский государственный медицинский университет

³Самарский университет

Введение. Бурное развитие IT-технологий оказывает значительное влияние на сферу здравоохранения [1-3]. Программное обеспечение является неотъемлемой частью современной медицины, от автоматизации рутинных процессов до поддержки принятия клинических решений.

Развитие цифровых технологий в медицине способствует повышению точности диагностики и эффективности лечения. Одним из перспективных направлений является использование программных средств для анализа генетических данных и прогнозирования клинических исходов. Особенно это актуально в педиатрической практике, где ранняя диагностика может существенно повлиять на качество и продолжительность жизни ребёнка.

В основу разработки программного обеспечения, представленной в данной работе, положены методические подходы к оцениванию риска прогрессирования хронической болезни почек, изложенные в работе «Способ оценки риска прогрессирования хронической болезни почек у детей» [4], направленные на определение генетической предрасположенности к развитию патологических состояний на основании анализа полиморфизмов в семи парных генов. При выявлении определенных сочетаний однонуклеотидных полиморфизмов, риск развития подразделяется как минимальный, средний, высокий, очень высокий, что позволяет формировать персонализированные подходы (рекомендации) к наблюдению, диагностике и профилактике патологического процесса.

Кроссплатформенность программного обеспечения является преимуществом современного медицинского ПО, так как позволяет запускать приложение на различных операционных системах, таких как Windows, macOS и Linux, без необходимости вносить изменения в код или использовать дополнительные инструменты, что обеспечивает широкую доступность программы в самых разных условиях для медицинских учреждений с разнородной инфраструктурой.

Целью настоящего исследования является разработка кроссплатформенного программного обеспечения на языке Python для оценки генетического риска заболеваний почек у детей с возможностью предоставления персонализированных рекомендаций по лечению.

Для разработки интерфейса программы была использована стандартная библиотека Tkinter, предоставляющая инструменты для создания графических окон. В результате был реализован интуитивно понятный пользовательский интерфейс, представленный на рисунке 1.

На следующем этапе был реализован программный модуль, осуществляющий анализ семи генетических маркеров. Для каждого гена, в зависимости от выявленной комбинации, алгоритмом производится оценка с присвоением балльной шкалы от 1 до 3. Значения интерпретируются следующим образом: 1 – благоприятная комбинация, 2 – промежуточная, 3 – неблагоприятная. Совокупная оценка по всем маркерам используется для стратификации риска развития заболевания. В зависимости от уровня риска, программой формируются соответствующие рекомендации по дальнейшим действиям, направленным на профилактику или мониторинг патологического процесса.

Примеры работы программного обеспечения оценки риска с отображением клинических рекомендаций по уровням заболевания (минимальный, средний, высокий, очень высокий) представлены на рисунках 2 – 5.

Рис. 1. Графический интерфейс программного обеспечения для диагностики заболеваний почек у детей на языке Python

Рис. 2. Демонстрация функционала предлагаемого программного обеспечения с результатом оценивания риска как минимальный

Рис. 3. Демонстрация функционала предлагаемого программного обеспечения с результатом оценивания риска как средний

Рис. 4. Демонстрация функционала предлагаемого программного обеспечения с результатом оценивания риска как высокий

Рис. 5. Демонстрация функционала предлагаемого программного обеспечения с результатом оценивания риска как очень высокий

Формируемые программным обеспечением клинические рекомендации не являются заменой профессиональному суждению и клиническому мышлению специалиста для постановки диагноза и выбора траектории лечения. Ответственность за обоснованность и уместность применения указанных рекомендаций в контексте конкретной клинической ситуации полностью возлагается на лечащего врача.

Использование единого программного решения способствует унификации рабочих процессов, упрощая стандартизацию, и снижая вероятность ошибок при обмене данными между специалистами и учреждениями. Кроссплатформенность также снижает затраты на разработку и техническую поддержку, поскольку отпадает необходимость создавать и сопровождать отдельные версии программы под каждую операционную систему.

Единый интерфейс и поведение программы на разных платформах упрощают обучение персонала и повышают удобство использования. Наконец, возможность запуска приложения на различных операционных системах повышает надёжность и отказоустойчивость ИТ-инфраструктуры медицинских учреждений, а использование языка Python открывает перспективы для дальнейшей интеграции с веб- и мобильными платформами [5, 6], что обеспечивает ещё более широкий охват и масштабируемость применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Монахова З.Н., Монахов М.С., Барбаков Г.О., Жиликов Е.В., Аржиловская Е.И. Цифровые технологии в развитии здравоохранения. Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2023. 160 с. ISBN 978-5-9961-3181-5. EDN IHJOYX.
- 2 Коробова, Л. А. Разработка виртуального консультанта для медицинского центра с использованием искусственного интеллекта / Л. А. Коробова, А. И. Головин // Инженерные технологии. 2024. № 3 (7). С. 23-34. EDN IHZNNM.
- 3 Матыцина, И. А. Информационная система диагностики легочных заболеваний при обследовании пациентов: монография / И. А. Матыцина, Л. А. Коробова, Г. В. Абрамов. Воронеж: ООО рекламно-издательская фирма «Кварта», 2024. 162 с. ISBN 978-5-89609-786-0. EDN IZVMNS.

- 4 Патент № 2605575 С1 Российская Федерация, МПК G01N 33/50, C12Q 1/68. Способ оценки риска прогрессирования хронической болезни почек у детей : № 2015123947/15 : заявл. 19.06.2015 : опубл. 20.12.2016 / О. А. Седашкина, Д. В. Печуров, Г. А. Маковецкая, С. А. Шавкунов ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России). EDN UWONQR.
- 5 Веб-реализация алгоритма перехода подростков с хронической болезнью почек во взрослую нефрологическую службу / А. Р. Кокин, И. Л. Сандлер, А. А. Седашкин, О. А. Седашкина // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 04 апреля 2025 года. Самара: ПривГУПС, 2025. С. 133-138. EDN AQCPHK.
- 6 Веб-реализация калькулятора расчета риска хронической болезни почек у детей / А. Р. Кокин, И. Л. Сандлер, А. А. Седашкин, О. А. Седашкина // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 04 апреля 2025 года. Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. С. 145-149. EDN AETWFL.

УДК 004.4

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ И СОПРОВОЖДЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЙ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ

М. Н. Липатова, В. М. Наурзалиева

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В статье рассматриваются актуальные проблемы эффективности и поддержки конфигураций на платформе 1С: Предприятие 8.3.

В условиях быстрой цифровой трансформации и ужесточения требований к информационной безопасности необходимость применения стандартизированных и автоматизированных подходов к разработке программ становится критической [1]. Платформа 1С:Предприятие 8.3 остается ключевым инструментом для автоматизации бизнес-процессов в России и странах СНГ. Современные конфигурации представляют собой сложные программные комплексы, жизненный цикл которых исчисляется годами и требует постоянной адаптации к изменяющимся условиям [1]. В такой ситуации проблема накопления «технического долга» – совокупности решений, упрощающих краткосрочную разработку в ущерб долгосрочной поддержке, – выходит на первый план, что отмечается в работах многих специалистов по программной инженерии, например у Р.Мартина и Г.Г. Мирошниченко [2, 6].

Основными источниками «технического долга» в проектах на базе 1С, по мнению экспертов, является отсутствие единых стандартов кодирования и рутинное выполнение повторяющихся операций, что приводит к снижению производительности труда разработчиков и росту количества ошибок [5, 6]. Внедрение методологии, направленной на стандартизацию и автоматизацию, является насущной необходимостью для поддержания проектов в управляемом состоянии и обеспечения их долгосрочной жизнеспособности [1].

Целью данной работы является разработка и описание практической методики, направленной на повышение эффективности процессов разработки и сопровождения конфигураций 1С за счет стандартизации и автоматизации. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать негативные последствия отсутствия стандартов кодирования с точки зрения современных подходов к разработке ПО.
2. Разработать конкретные правила именования для основных объектов метаданных.
3. Исследовать и систематизировать доступные механизмы автоматизации повторяющихся действий, включая использование актуальных версий библиотеки стандартных подсистем (БСП).
4. Оценить потенциальный эффект от внедрения предложенных методов на основе данных современных исследований.

В качестве решения поставленных задач в статье предлагается методика, основанная на двух ключевых направлениях: внедрение корпоративного стандарта именования объектов метаданных и реквизитов и автоматизация процессов создания типовых элементов конфигурации.

В современной практике разработки сложных конфигураций 1С отсутствие единого стиля и автоматизации приводит к системным проблемам, затрудняющим их развитие и сопровождение. Как отмечает кандидат технических наук Мирошниченко Г.Г., проекты с высоким уровнем технического долга характеризуются значительным увеличением затрат на внесение изменений и высоким риском

появления регрессионных ошибок [6]. В результате проведенного анализа на отсутствие стандартов кодирования выявлены следующие недостатки:

- Низкая читаемость и сопровождаемость: когда один разработчик называет справочник «Контрагенты», другой – «Клиенты», а реквизит для телефона может называться «Телефон», «Phone» или «Telnumber», анализ и модификация кода требуют значительных умственных усилий. Поиск мест использования объекта становится затруднен, а процесс онбординга новых сотрудников затягивается [1].
- Рост количества ошибок: Неоднозначность имен увеличивает вероятность ошибок при доработках. Например, можно обратиться к устаревшему реквизиту с похожим именем, что особенно критично в условиях частых обновлений законодательства и бизнес-требований.
- Низкая эффективность разработки: Ручное создание каждого нового документа, справочника или отчета, даже с помощью конструкторов, является трудоемким процессом. Отсутствие типовых решений для однотипных сущностей приводит к дублированию кода и его несогласованности, что противоречит принципам повторного использования кода (DRY - Don't Repeat Yourself) [2].

Таким образом, переход от хаотичной разработки к управляемому инженерному процессу является ключевым фактором для создания надежных, масштабируемых и легко сопровождаемых конфигураций.

При разработке правил наименования основных объектов и реквизитов метаданных на первый план выходит внедрение единого шаблона именования – это фундаментальный шаг к повышению качества кода. Правила должны быть простыми, однозначными и обязательными для всей команды (Таблица). Как подчеркивается в современных руководствах, стандарт кодирования должен быть документирован и доведен до сведения всех разработчиков [1, 6].

Преимущества:

1. Повышение читаемости кода: По имени объекта или переменной легко понять его назначение [2].
2. Облегчение поиска: Поиск по конфигурации с использованием единых префиксов и терминов становится более эффективным.
3. Снижение ошибок: Минимизируется риск использования не тех объектов из-за неоднозначности имен [6].
4. Ускорение онбординга: Новый разработчик, изучив стандарты, сможет быстрее ориентироваться в чужом коде.

Таблица

Пример правил именования объектов метаданных и реквизитов

Объект метаданных	Пример правильного имени	Пример неправильного имени	Пояснение
Справочник	Справочник.Контрагенты	Контрагенты, Клиенты	Использование синонима «Клиенты» создает путаницу
Документ	Документ.ЗаказПокупателя	ДокЗаказ	Имя должно однозначно описывать суть документа
Реквизит справочника (Тип Строка)	Телефон, ЭлектроннаяПочта	Phone, Email	Использование русского языка и семантических значимых имен
Реквизит документа (Тип Число)	Сумма, Количество	Summa, kol	Сокращения недопустимы
Общий модуль	ОбщийМодуль.РаботаCJSON	OM_JSON	Имя должно отражать название модуля
Процедура в модуле	РассчитатьСуммуНДС	CalcNDS, Procedure1	Использование глагола, понятное описание действия

Автоматизация направлена на исключение рутины и обеспечение единообразия при создании типовых элементов конфигурации. Используя современные инструменты, можно значительно ускорить этот процесс [1, 4]:

- использование Библиотеки стандартных подсистем (БСП). Актуальные редакции БСП (например, 3.1.4) предоставляют готовые типовые подсистемы (например, «Набор записей», «Работа с файлами», «Криптография»), которые уже реализованы по стандартам 1С [4]. Их использование не только ускоряет разработку, но и гарантирует высокое качество, безопасность и совместимость с обновлениями платформы, что критически важно в свете текущих требований по импортозамещению;
- создание и использование собственных шаблонов объектов. Для объектов, которые часто создаются в рамках проекта (например, справочники с набором стандартных реквизитов «Код», «Наименование», «Владелец», «ПометкаУдаления»), целесообразно создать эталонные объекты-шаблоны. При необходимости можно добавить новый справочник, для этого разработчик выгружает его в XML-файл через Конфигуратор, копирует этот файл, переименовывает внутри него все вхождения на новое имя (например, «Номенклатура») и затем загружает измененный XML обратно в конфигурацию. Это обеспечивает мгновенное создание сложного объекта со всей необходимой структурой, исключая человеческий фактор [1];
- разработка типовых модулей и процедур. Вынесение часто используемого кода (логика проведения документа, расчет итогов, работа с данными в формате JSON/XML) в общие модули позволяет использовать готовые, отлаженные решения вместо написания кода заново для каждого случая.

Внедрение описанных методов оказывает комплексное положительное влияние на процесс разработки, что подтверждается современными исследованиями. Улучшаются качественные результаты, такие как повышение предсказуемости и управляемости проекта; упрощение код-ревью и коллективной разработки; создание профессиональной и легко поддерживаемой кодовой базы; снижение зависимости проекта от конкретных разработчиков.

Также улучшаются и количественные показатели. Согласно исследованию кандидата технических наук Клепина В.А., посвященному автоматизации в 1С, стандартизация и использование шаблонов могут сократить время на разработку типовых элементов конфигурации на 50–70 % [5]. Мирошниченко Г.Г. в своей работе отмечает, что внедрение стандартов кодирования позволяет снизить затраты на анализ кода и поиск ошибок на 15–25 % за счет повышения его читаемости и предсказуемости [6]. Например, создание нового справочника с полным набором функциональности (формы, стандартные модули) с нуля может занять 15–30 минут. Использование XML-шаблона сокращает эту операцию до 5 минут, которые уходят на переименование и тонкую настройку. В масштабах крупного проекта, где количество объектов исчисляется сотнями, совокупный выигрыш во времени становится критически важным.

Предложенная в статье методика, основанная на двух ключевых принципах – стандартизации именования и автоматизации повторяющихся операций – представляет собой эффективный и актуальный инструмент для повышения производительности труда разработчика 1С и качества итогового продукта.

Данные методы, опирающиеся на современные источники и практики [1, 4, 5, 6], не требуют приобретения дополнительного программного обеспечения и могут быть внедрены в любой команде на основе внутреннего регламента. Их применение позволяет систематизировать процесс разработки, минимизировать человеческий фактор и заложить основу для дальнейшего совершенствования процессов, таких как внедрение систем непрерывной интеграции (CI/CD) для автоматизированного тестирования и выгрузки обновлений [5].

В конечном счете, переход к стандартизированной и автоматизированной разработке является обязательным условием для создания надежных, масштабируемых и безопасных конфигураций 1С, что напрямую влияет на удовлетворенность заказчика, снижение совокупной стоимости владения программным решением и успешную цифровую трансформацию бизнеса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Радченко М. Г., Купцевич А. А. Профессиональная разработка в 1С:Предприятие 8. Версия 8.3.15 и выше. М.: 1С-Паблишинг, 2023. 1024 с.
- 2 Мартин Р. Чистый код: создание, анализ и рефакторинг. М.: Питер, 2022. 464 с.
- 3 Хрусталева Е. Ю. 1С:Предприятие 8.3. Разработка сложных отчетов. Опыт профессионалов. М.: 1С-Паблишинг, 2022. 879 с.
- 4 Библиотеки стандартных подсистем 1С (БСП), редакция 3.1.4 [Электронный ресурс]. URL: <https://v8.1c.ru/bsp/> (дата обращения: 17.10.2024).
- 5 Клепин В. А. Автоматизация процессов разработки и тестирования конфигураций 1С // Прикладная информатика. 2023. № 2 (104). С. 45-55.

- 6 Мирошниченко Г. Г. Стандарты кодирования как инструмент снижения технического долга в проектах на 1С:Предприятие // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии». 2024. С. 112-118.

УДК 691

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. А. Майер¹, С. С. Майер²

¹Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,

²Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Введение. Современная строительная отрасль и атомная энергетика находятся в фазе активной цифровой трансформации. Рост требований к безопасности, долговечности и энергоэффективности инженерных сооружений требует внедрения интеллектуальных систем проектирования и прогнозирования свойств строительных материалов. Традиционные лабораторные методы – трудоёмкие, длительные и не позволяют оперативно адаптировать состав материала под заданные эксплуатационные условия. В этой связи особое значение приобретают цифровые технологии прогнозирования, основанные на машинном обучении, численном моделировании и создании цифровых двойников материалов.

Использование таких подходов позволяет не только сократить объём экспериментальных испытаний, но и интегрировать данные различных лабораторий в единую метрологически согласованную базу. На основе этой базы возможно строить алгоритмы, предсказывающие радиационную стойкость материалов по входным параметрам – составу, плотности, структуре пор, типу наполнителей и их атомному номеру. Подобные методы формируют основу цифровой метрологии строительных материалов, обеспечивая управляемость качества и соответствие требованиям радиационной безопасности.

Наиболее распространёнными материалами для защиты от ионизирующего излучения являются тяжёлые бетоны. Их эффективность обусловлена прямой зависимостью между плотностью материала (ρ) и коэффициентом ослабления гамма-излучения (μ) [1]. Эта зависимость представлена на рисунке 1. Увеличение плотности с 1,5 до 3,0 г/см³ сопровождается ростом коэффициента ослабления с 0,1 до 0,35 см⁻¹, что отражает роль тяжёлых минеральных фракций в формировании радиационной стойкости.

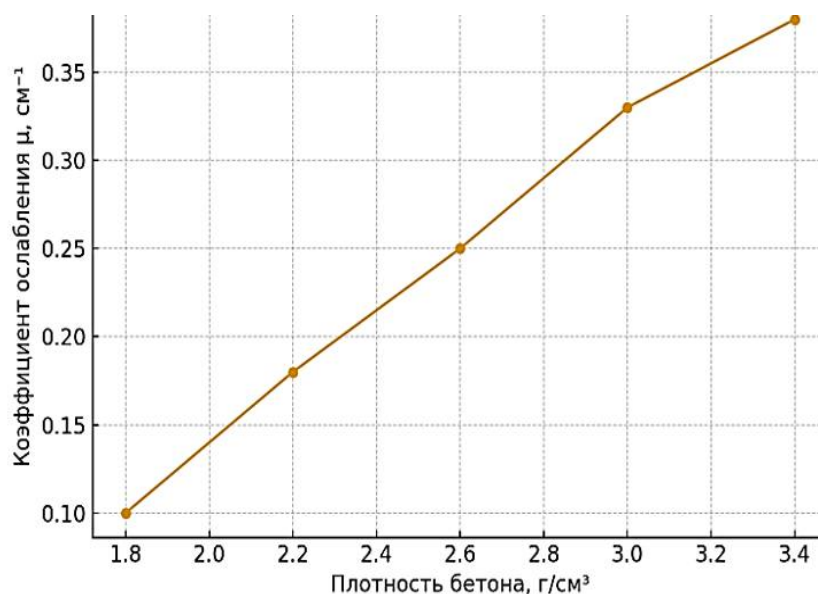


Рис. 1. Зависимость коэффициента ослабления гамма-излучения от плотности бетона

Использование тяжёлых наполнителей в поризованной структуре позволяет сочетать малую массу с высокой способностью к ослаблению гамма- и нейтронного излучения [2]. Эти различия отражены на рисунке 2, сравнивающем эффективность защиты различных систем.

Материалы с высоким атомным номером эффективны для гамма-излучения, в то время как для нейтронного поглощения предпочтительны фазы с лёгкими элементами. Эти зависимости формируют основу для прогнозных цифровых моделей, где целевая функция определяется балансом плотности, коэффициента ослабления и теплопроводности.

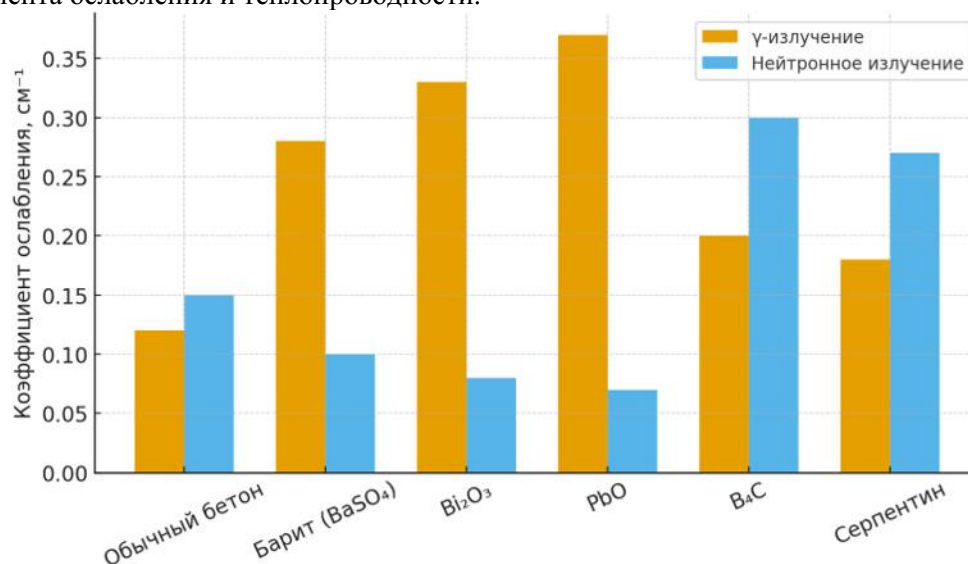


Рис. 2. Сравнение эффективности защиты от гамма- и нейтронного излучения

Таким образом, оптимизация радиационно-стойкого пенобетона сводится к поиску баланса между плотностью, теплопроводностью и коэффициентом ослабления излучения. Полученные зависимости и закономерности легли в основу систематизации цифровых технологий, применяемых для прогнозирования свойств строительных материалов. Экспериментальный подбор состава требует многочисленных испытаний, что делает задачу трудоёмкой и дорогостоящей. Решением становится применение цифрового моделирования и методов машинного обучения, которые позволяют на основе исторических данных и физических закономерностей прогнозировать свойства новых композиций без проведения полного цикла лабораторных испытаний.

Международная практика показывает, что методы машинного обучения и физико-статистического моделирования становятся неотъемлемой частью разработки радиационно-стойких материалов [3]. Применение цифровых технологий способствует реализации стратегии импортозамещения: собственные цифровые платформы, алгоритмы прогнозирования и цифровые двойники позволяют снизить зависимость от зарубежного программного обеспечения, повысить технологический суверенитет и обеспечить конкурентоспособность отечественной строительной отрасли.

Ключевые направления и применяемые цифровые методы, используемые как в российских, так и в международных исследованиях, систематизированы в таблице. Приведённые методы показывают потенциал цифровизации строительных материалов и возможность их практического внедрения в производственные и проектные процессы.

Таблица

Цифровые технологии и интеллектуальные методы в материаловедении

Технология / Метод	Основное назначение	Применение в бетонах	Принцип работы / Механизм действия	Преимущества	Ограничения
Машинное обучение	Прогнозирование свойств по составу и условиям	Прочность, теплопроводность, радиационная стойкость	Алгоритмы строят математическую модель зависимости между входными параметрами (состав, пористость, плотность) и выходными свойствами (прочность, λ , μ) на основе обучающей выборки данных	Высокая точность предсказаний, выявление скрытых нелинейных зависимостей	Требует большого объёма достоверных данных

Технология / Метод	Основное назначение	Применение в бетонах	Принцип работы / Механизм действия	Преимущества	Ограничения
Ансамблевые методы	Повышение точности за счёт комбинации моделей	Оптимизация состава, прогноз комплексных свойств	Формируют множество базовых моделей и объединяют их в ансамбль, усредняя или взвешивая результаты для повышения точности и устойчивости	Устойчивость к шуму, хорошая интерпретируемость	Сложность настройки гиперпараметров
Искусственные нейронные сети	Моделирование сложных нелинейных зависимостей	Прочность, теплопроводность	Многослойная сеть аппроксимирует нелинейную функцию между входом и выходом, посредством итеративной оптимизации весовых коэффициентов на основе исторических данных	Высокая точность, возможность самообучения	Необходимость больших обучающих выборок, слабая интерпретируемость
Цифровой двойник	Цифровая модель материала с прогнозом поведения	Мониторинг, прогноз деградации, оценка ресурса	Виртуальная модель синхронизируется с физическим объектом через потоки данных от сенсоров, лабораторий и производственных систем, обновляясь в реальном времени и моделируя будущие состояния	Управление жизненным циклом, сценарное моделирование	Сложность интеграции и поддержки
Интернет вещей	Сбор данных в реальном времени	Температура, влажность, радиационная обстановка	Сеть сенсоров передаёт физические параметры материала на цифровые платформы, где они используются для обновления моделей и прогнозов	Непрерывный мониторинг, актуальность данных	Требуется развитая сенсорная и коммуникационная инфраструктура
Большие данные и аналитика	Обработка и анализ больших массивов данных	Составы, результаты испытаний, эксплуатационные условия	Системы хранилищ и аналитических инструментов агрегируют, фильтруют и анализируют огромные объёмы гетерогенных данных, выявляя закономерности и тренды	Повышение точности, открытие новых закономерностей	Сложность хранения, высокие вычислительные требования
Информационное моделирование зданий + цифровой двойник	Связь материалов с цифровой моделью сооружения	Анализ свойств в контексте конструкции	Информационная модель здания (BIM) связывается с цифровыми моделями материалов, что позволяет оценивать поведение материала в структуре объекта на всех этапах жизненного цикла	Полная трассируемость и прогнозируемость системы «материал–конструкция»	Необходимость унификации форматов и стандартов

Таким образом, применение методов машинного обучения позволяет с высокой точностью определять прочность, теплопроводность и радиационную стойкость бетонов на основе состава, минимизируя объём экспериментальных исследований и ускоряя разработку новых материалов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сычева, А. М. Жаростойкий пенобетон с радиационно-защитной функцией / А. М. Сычева, В. А. Майер, А. А. Арзамасцев // Распределенная энергетика сегодня. Материалы, технологии и устройства : сборник тезисов докладов третьей молодежной научной конференции, Екатеринбург, 23 мая 2025 года. Екатеринбург, 2025. С. 39-41. EDN EDRQTF.
- 2 Сычева, А. М. Жаростойкий пенобетон с улучшенной теплозащитной функцией / А. М. Сычева, В. А. Майер, С. С. Майер // сборник докладов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова : Сборник докладов конференции, Белгород, 29–30 мая 2025 года. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. С. 80-84. EDN QPYAQB.
- 3 Amin M. N. et al. «Computational AI Models for Investigating the Radiation-Shielding Efficiency of High-Density Concrete» / Materials. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15196633>.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РЕГИОНА

В. А. Машинец, Т. Б. Ефимова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В условиях стремительного развития технологий и увеличения объема информации, необходимость в автоматизированных инструментах управления данными становится крайне актуальной, особенно в такой сфере, как жилищно-коммунальное хозяйство [1].

В настоящее время в сфере жилищно-коммунального хозяйства действует стратегия цифровой трансформации, утвержденная Правительством Российской Федерации в 2021 году, которая определяет основные направления развития отрасли: внедрение новых технологий (больших данных, распределенного реестра, моделирования, искусственного интеллекта, систем обработки информации и др.), важность достижения «цифровой зрелости», приоритеты и задачи в области цифровой трансформации, проблемы и вызовы, планируемые проекты. В Регионе имеется ряд примеров успешного применения данной стратегии, но на сегодняшний момент имеются проблемы, требующие особого внимания: существует большое количество программного обеспечения, работающего автономно, не передающего информацию в системы верхнего уровня, бумажный документооборот, отсутствие автоматизированного контроля за своевременностью предоставления информации в государственные информационные системы, дублирование и неточность данных, изменение тарифов, отсутствует единое хранилище данных отрасли. Следовательно, для успешной реализации стратегии цифровой трансформации и внедрения систем искусственного интеллекта в сфере ЖКХ необходимо:

- создание интеллектуальных информационных систем, позволяющих оперативно собирать данные;
- создание хранилищ данных;
- внедрение эффективных методов анализа данных, выявление новых и необходимых закономерностей;
- для принятия качественных управленческих решений выявлять в накопленных данных новые.

В настоящее время базовой информационной системой в сфере ЖКХ является Государственная информационная система жилищно-коммунального хозяйства (ГИС ЖКХ), взаимодействующая с цифровыми сервисами органов власти. Следует отметить, что данные в ГИС ЖКХ от управляющих компаний/товариществ собственников жилья поступают несвоевременно, зачастую в искаженном виде. Также за последние годы вырос объем используемых программных продуктов 1С – большинство участников сферы ЖКХ перешли на полное ведение своей деятельности при помощи именно этого отечественного программного обеспечения. Следует отметить преимущества данного внедрения – 1С-решения очень гибко настраиваются на бизнес-процессы сферы ЖКХ, строят качественные и информативные отчеты, так необходимые для принятия своевременных управленческих решений.

Для решения указанных проблем спроектирована и разработана интеллектуальная система, позволяющая автоматизировать процесс работы ревизионной комиссии в части проверки деятельности УК/ТСЖ. Полученные отчеты далее можно передавать в ГИС ЖКХ или иные государственные информационные системы для последующей работы с ними контролирующими органами и органами исполнительной власти.

Разработанная интеллектуальная информационная система позволяет формировать следующие отчеты для работы ревизионной комиссии: движения по расчетным счетам, поступления, расходы (в том числе укрупненная расшифровка, общие), доходы (в том числе по нескольким периодам), задолженность, оборудование. Также система позволяет выявлять необоснованные приобретения имущества, перерасход, задолженность, дефицит средств на счетах ТСЖ/УК.

Интеллектуальная информационная система разработана при помощи С#. Для примера на рисунке 1 приведена экранная форма «Движение по расчетным счетам», необходимая для работы как бухгалтера ТСЖ/УК, так и ревизионной комиссии.

Рис. 1. Форма «Движения по расчетным счетам»

При исследовании деятельности одного из ТСЖ разработанная интеллектуальная система позволила выявить излишнее начисление жильцам в части оплаты тепловой энергии на обогрев холодной воды для ГВС (223 125,19 руб. за январь-декабрь 2023 г.), электроэнергии (144 141,23 руб., 2023 г.), соответствующий отчет приведен на рисунке 2.

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Итого
Начислено ТСН	518 713,67	466 543,26	325 119,74	260 305,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	122 435,31	317 445,91	474 457,86	2 485 021,08
Выставлено по СФ	518 714,88	466 549,21	325 074,89	260 299,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	122 426,69	317 128,39	472 460,58	2 482 654,54
ИТОГО Излишне начислено по отоплению													2 366,54

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Итого
Начислено ТСН	52 361,49	104 446,17	104 078,48	105 626,26	87 975,63	85 503,97	79 443,18	77 790,76	69 044,13	104 122,05	86 838,53	75 628,06	1 032 858,71
Выставлено по СФ	63 680,85	63 680,85	45 661,75	45 661,75	107 989,57	57 746,75	86 124,16	85 765,53	97 167,50	64 931,31	45 661,75	45 661,75	809 733,52
ИТОГО Излишне начислено на обогрев воды ГВС													223 125,19

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Итого
Начислено ТСН	146 498,65	138 536,97	117 848,24	117 489,04	134 742,95	153 980,55	108 441,57	160 641,75	84 162,09	141 901,16	85 433,04	138 333,30	1 528 009,31
Выставлено по СФ	132 244,56	131 624,64	106 666,56	106 051,68	108 516,24	129 507,84	104 751,36	134 895,60	92 862,00	106 742,16	113 999,76	116 005,68	1 383 868,08
ИТОГО Излишне начислено по электроэнергии													144 141,23

Рис. 2. Отчет «Отклонение в начислениях»

Таким образом, сегодня важно внедрять цифровые технологии, осуществлять их взаимодействие с новыми и уже функционирующими цифровыми сервисами с целью сокращения стоимости услуг жилищно-коммунального хозяйства. Для решения данной задачи необходимо:

- реализовать эффективный процесс сбора данных с устройств;
- разработать единый программно-аппаратный комплекс, реализующий информационное взаимодействие всех участников;
- разработать алгоритмы, методы и, далее - системы аналитической обработки данных.

Перспективы дальнейшего развития системы связаны с расширением ее функциональных возможностей, внедрение в эксплуатацию [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Ефимова, Т. Б. Проектирование цифрового дашборда Единой службы поддержки пользователей ОАО «РЖД» / Т. Б. Ефимова, Е. В. Кулаева // Вестник СамГУПС. 2025. № 2(68). С. 104-108. EDN AZSUEV..
2 Ефимова, Т. Б. Разработка модуля интеллектуальной системы оповещения перегрузки тяговой подстанции / Т. Б. Ефимова, А. И. Втулкина, А. А. Нуждина // Вестник СамГУПС. 2025. № 2(68). С. 98-103. EDN MAGIWK.

УСТАНОВКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ДИСТРИБУТИВА JAVA: НА ПРИМЕРЕ AXIOM JDK

А. А. Мед, И. А. Хасаншин

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Java – один из наиболее распространённых и востребованных языков программирования в современном мире. Его основное преимущество заключается в универсальности: программы, написанные на Java, способны работать на различных операционных системах и устройствах без изменения исходного кода. Это достигается за счёт особого принципа компиляции – код не преобразуется напрямую в машинные инструкции, а сначала превращается в промежуточный байт-код, который затем исполняется виртуальной машиной Java (JVM) [1]. Такой подход делает язык независимым от аппаратной платформы и позволяет без труда запускать приложения на компьютерах, серверах и мобильных устройствах. Благодаря высокой производительности, надёжности, поддержке многопоточности и продуманной системе безопасности Java широко используется в банковской сфере, корпоративных системах и государственных структурах [4].

После ухода ряда иностранных IT-компаний с российского рынка перед отечественной разработкой остро встал вопрос технологической безопасности. Потеря доступа к зарубежным средам разработки, риск утечки данных и невозможность технической поддержки создают серьёзные препятствия для дальнейшего развития бизнеса и инфраструктуры [5]. Одним из решений этой проблемы является переход на национальные программные продукты. В данной работе рассматривается российский дистрибутив Java – Axiom JDK, включая особенности его установки и практического применения.

Таблица

Ключевые технические особенности Axiom JDK

Особенность	Описание
Совместимость с Java SE	Полностью соответствует спецификациям Java SE; обеспечивает запуск приложений, созданных под другие JDK, без необходимости доработки; поддерживает версии 11, 17 и 21 [1][3].
Разнообразие дистрибутивов	Lite, Free, Community – для обучения и разработки; Standard, Pro, Certified – для промышленного и корпоративного применения [2].
Оптимизация под отечественные платформы	Поддержка архитектур x86_64, ARM, RISC-V; адаптация под российские процессоры и сертифицированные ОС, включая Astra Linux [2].
Средства установки и настройки	Доступны пакеты для Windows и Linux (tar.gz, rpm/deb, zip); настройка переменных среды JAVA_HOME и PATH; проверка установки через команду java -version [2].
Сертификация и безопасность	Наличие сертифицированных сборок по требованиям ФСТЭК, регулярные обновления безопасности; подходит для применения в государственных и критических системах [2][5].
Интеграция с инструментами разработки	Совместим с IntelliJ IDEA, Eclipse, NetBeans; поддерживает сборщики Maven, Gradle, Ant; интегрируется с системами контроля версий и CI/CD [2].
Документация и поддержка	Подробные руководства, инструкции по установке, примеры кода, а также коммерческая техническая поддержка [2].
Контейнеризация и виртуализация	Возможность использования в Docker и Kubernetes; оптимизация под серверные и облачные платформы [2].

Axiom JDK – это отечественный дистрибутив языка Java, включающий в себя среду разработки и исполнения. Он создан компанией Axiom, ранее известной как команда, связанная с проектами BellSoft и Liberica. Продукт базируется на открытой платформе OpenJDK и поставляется в нескольких

вариантах – Lite, Free, Community, Standard, Pro и Certified – в зависимости от области использования: от учебных и исследовательских до промышленных и критически важных систем [2][3]. Для корпоративных пользователей доступны версии с коммерческой поддержкой и официальной сертификацией по российским стандартам информационной безопасности. В рамках политики импортозамещения Axiom JDK позиционируется как полностью отечественная альтернатива зарубежным реализациям Java, при этом для разработчиков предлагается бесплатная community-версия [2].

Для демонстрации использования отечественного дистрибутива Java была проведена установка Axiom JDK на операционные системы Windows и Linux. Продукт соответствует стандартам Java SE и выпускается в разных редакциях: Lite, Free, Community – для обучения и повседневной разработки; Standard, Pro, Certified – для корпоративных и защищённых сред [2].

Установка на Windows.

Для начала необходимо загрузить установочный пакет с официального сайта Axiom JDK в формате *.msi* или *.zip* [1][2]. Установка может выполняться в стандартном режиме с помощью графического мастера или в фоновом (тихом) режиме следующей командой:

```
msiexec /quiet /i <имя_файла>.msi
```

После завершения установки следует задать переменные среды:

JAVA_HOME – путь к каталогу установки;

PATH – добавить путь к директории bin.

Проверка корректности выполняется командой:

```
java -version
```

Если в ответе отображается версия Axiom JDK, установка прошла успешно. Для тестирования можно создать простейшее приложение:

```
javac HelloWorld.java
```

```
java HelloWorld
```

При корректном выводе фразы Hello World можно считать, что среда функционирует правильно.

Установка на Linux.

Для Linux-систем дистрибутив распространяется в форматах *.deb*, *.rpm* и *.tar.gz* [2].

Установка выполняется одной из команд:

```
sudo apt install ./<имя_файла>.deb
```

```
sudo yum install ./<имя_файла>.rpm
```

или распаковкой архива:

```
tar -xzf <имя_файла>.tar.gz -C /opt/axiom-jdk
```

После этого необходимо настроить переменные среды JAVA_HOME и PATH, аналогично установке под Windows. Проверить результат можно командами:

```
java -version
```

```
javac -version
```

Затем компилируется и запускается тестовая программа.

Для проектов, где требуется высокий уровень защищённости, рекомендуется использовать версии Certified или Pro, соответствующие требованиям российских стандартов и получающие регулярные обновления безопасности [2][5]. При работе с IDE (например, IntelliJ IDEA или Eclipse) следует указать путь к установленному Axiom JDK в настройках проекта, чтобы использовать именно эту реализацию Java по умолчанию [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Oracle. Oracle releases Java 24 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.oracle.com/news/announcement/oracle-releases-java-24-2025-03-18/> (дата обращения: 31.10.2025).
- 2 Axiom JDK. Официальный сайт дистрибутива [Электронный ресурс]. URL: <https://axiomjdk.ru/> (дата обращения: 31.10.2025).
- 3 Axoft Global. Axiom JDK – отечественный дистрибутив Java [Электронный ресурс]. URL: https://axoftglobal.ru/vendors/axiom_jdk (дата обращения: 31.10.2025).
- 4 Нимейер П., Леук Д. Программирование на Java. Москва: Эксмо, 2014. 145–147 с.
- 5 Щербина Т. А. Проблемы и перспективы импортозамещения в российской сфере информационных технологий. М.: Департамент корпоративных финансов и корпоративного управления, 2017. 2 с.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ВНЕДРЕНИЯ 5G НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ В РОССИИ

И. В. Митрофанова, А. П. Зулаев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Железные дороги играют главную роль в транспортной инфраструктуре России, поэтому их модернизация напрямую влияет на эффективность грузовых и пассажирских перевозок и экономическое развитие страны. Железнодорожная отрасль сегодня активно внедряет цифровые технологии, чтобы стать более эффективной, безопасной и комфортной. Ключевую роль в этих переменах играют новейшие технологии связи, в первую очередь 5G, которые открывают широкие перспективы для обновления инфраструктуры и предоставляемых услуг.

Целью данной работы является рассмотрение перспектив использования 5G для железнодорожного транспорта. Материал данной работы, в базе своей, основан на переводе иноязычной статьи 5G for Railways: the Next Generation Railway Dedicated Communications. Preprint July 2022 DOI: 10.48550/arXiv.2207.03127. Авторы: Ruisi He¹, Bo Ai¹, Zhangdui Zhong¹, Mi Yang¹, Ruifeng Chen², Jianwen Ding¹, Zhangfeng Ma¹, Guiqi Sun¹, and Changzhu Liu¹ 1 State Key Laboratory of Rail Traffic Control and Safety, Beijing Jiaotong University, China 2 Institute of Computing Technology, China Academy of Railway Sciences, China.

Цель работы определяет круг задач исследования:

- 1) рассмотреть основные характеристики 5g и их соответствие потребностям железнодорожной отрасли;
- 2) изучить услуги железных дорог, которые возможно предоставить на базе 5G-R;
- 3) выявить технические, экономические и организационные препятствия, связанные с внедрением 5G;
- 4) выяснить прогнозируемые сроки внедрения технологии 5g на железнодорожном транспорте в России.

Методы исследования: поиск, изучение, анализ и обобщение информации из научной литературы. Данное исследование крайне актуально, поскольку посвящено изучению сетей 5G, представляющих собой технологию нового поколения. Внедрение 5G открывает совершенно новые возможности для повышения качества связи и скорости передачи данных, что, в свою очередь, будет способствовать развитию железнодорожной отрасли и экономики страны.

Характеристики 5G и их соответствие потребностям железнодорожной отрасли. На данный момент железные дороги России, как и большинства стран мира, базируются в основном на GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway) для обеспечения критически важных функций безопасности движения. GSM-R - узкополосная система связи, основана на технологии 2G, которая была разработана в основном для голосовой связи и передачи небольших объемов данных. Хотя GSM-R зарекомендовал себя как стабильная система связи, он обладает низкой пропускной способностью и скоростью передачи данных, что не соответствует современным требованиям к цифровизации и эффективности железнодорожного транспорта.

В начале 2010-х годов 4G (на базе LTE - Long-Term Evolution) рассматривалась как потенциальная технология для развития коммуникационной инфраструктуры железных дорог. Однако проведенные исследования показали, что LTE не соответствует требованиям к сверхнадежной связи и не сможет справиться с большим количеством подключений. Кроме того, LTE не обладает достаточным потенциалом для поддержки интеллектуальных сервисов и приложений, планируемых к внедрению на будущих железных дорогах [1: 131 – 132]. В настоящее время 4G используется для дополнительных сервисов, таких как, обеспечение доступа в интернет для пассажиров в поездах, для доступа к корпоративным сетям и информации для персонала, а также для сбора телеметрических данных. Все вышеперечисленное обуславливает необходимость перехода на более совершенные системы, такие как 5G.

5G – это технология мобильной связи пятого поколения. 5G обеспечивает скорость передачи данных более 10 Гбит/с, что в 100 раз превышает скорость передачи данных 4G. Она обеспечивает мгновенную загрузку больших файлов, потоковое видео в сверхвысоком разрешении, плавную работу AR/VR-приложений. Данная технология способна снизить задержку сигнала до 1 миллисекунды, обеспечивает одновременную работу большого количества пользователей и устройств на высоких скоростях без ухудшения качества связи, что полностью отвечает требованиям железнодорожной отрасли.

Сравнительные характеристики 2G, 4G и 5G

Поколение	Скорость передачи данных	Задержка	Функции	Технологии	Плотность подключений (на 1 кв. км)
2G	220 кбит/с	300–600 мс	звонки + sms	GSM, CDMA	500-1 000
3G	2 Мбит/с	100–400 мс	+ доступ в интернет	SDMA2000, UMTS	1 000-10 000
4G	100 Мбит/с	50 мс	+ мобильные платежи, видеоконференции, облачные игры	LTE, WiMAX	100 000
5G	10 Гбит/с	менее 1 мс	IoT, автономные системы	5G/IMT-2020	1 000 000

В перспективе 5G-R (с использованием профиля URLLC - Ultra-Reliable Low-Latency Communications) и с адаптацией под международный стандарт FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) может заменить GSM-R и стать основой для систем управления движением следующего поколения. Однако переход от одного стандарта к другому будет постепенным и долгое время GSM-R и 5G-R будут работать параллельно, а для этого необходимо будет решить такие проблемы, как налаживание взаимосвязи между сетями, создание совместной мультимедийной диспетчерской связи, обновление антенн и их развертывание для новых диапазонов частот и многие другие. Помимо этого, будущие железнодорожные сети должны обладать высокой гибкостью, позволяя легко внедрять новые технологии, и обеспечивать одновременный доступ многих пользователей, не зависящих от конкретного оператора [1:135].

Услуги 5G-R. Услуги железных дорог, которые возможно предоставить на базе 5G-R, в целом можно разделить на четыре категории:

Во-первых, услуги, связанные с управлением движением поездов, а именно: планирование маршрутов, управление диспетчерской службой, автоматическое управление поездами, синхронное управление локомотивами, проверку информации о поезде, системы предупреждения и защиты. Все эти меры направлены на предотвращения аварий, обеспечения бесперебойного движения и безопасности пассажиров и грузов [1: 132]. Основное преимущество сети 5G для железнодорожной отрасли заключается в улучшении системы сигнализации. 5G обеспечит более точный и надежный обмен данными о местоположении и скорости поездов, что позволит скорректировать безопасное расстояние между ними. Это, в свою очередь, позволяет увеличить пропускную способность путей, оптимизировать график движения и снизить затраты на расширение инфраструктуры, поскольку безопасное расстояние будет определяться с учетом веса и скорости поездов [2: 2].

Во-вторых, услуги обслуживания. Предоставляемые услуги включают: экстренную связь, автоматическое обновление данных о системах поезда, передачу информации о грузах и прочие полезные функции. Благодаря этому повышается эффективность работы, улучшается качество обслуживания и внедряются интеллектуальные решения на железных дорогах.

В-третьих, услуги мониторинга. К ним относятся: сбор и анализ данных в реальном времени о работе поездов, машинистов, энергетических систем, строительной техники и кабельных сетей, [1: 132] включая мониторинг износа оборудования и мониторинг времени пикового потребления электроэнергии и ее распределения. Эти услуги улучшат работу железнодорожных служб, позволяя техническим специалистам, кондукторам и другим сотрудникам отслеживать состояние всей системы в реальном времени и будут способствовать повышению безопасности железнодорожной системы [2: 3].

В-четвертых, услуги, ориентированные на пассажиров [1: 132]. Технология 5G разработана таким образом, чтобы во время поездки пассажиры могли наслаждаться высокой скоростью загрузки и потоковой передачей данных. Благодаря 5G пассажиры могут получить мгновенный доступ к актуальной информации: о наличии билетов, свободных местах, изменениях в расписании, задержках, показателях загрузки поездов в режиме реального времени и других важных деталях. Мультимедийные развлекательные услуги в железнодорожной среде позволят пассажирам интересно и с пользой проводить время в пути, улучшить комфорт и эффективность путешествий [2: 4].

Препятствия, связанные с внедрением 5G. В публикации «Известий» от 14 февраля 2024 года сообщалось, что для обеспечения работы 5G в городах и густонаселенных районах России выделен частотный диапазон 4,4–4,99 ГГц, поскольку он близок к диапазону 3,4–3,8 ГГц, который используют в большинстве стран для развития сетей пятого поколения [5: 1]. Этот частотный диапазон популярен, потому что в некоторых странах он является самым «низким» из разрешенных для использования, обеспечивая широкую полосу пропускания. Кроме того, существующее оборудование легко

адаптируется к этим частотам, что снижает затраты. Широкая доступность и экономичность делают его идеальным выбором для разработки гаджетов, в первую очередь смартфонов [4: 2].

В России диапазон 3,5–3,8 ГГц занят радиооборудованием силовых ведомств, в частности земными станциями фиксированной спутниковой службы (ФСС). Развитие сетей на частотах 4,4–4,99 ГГц связано с рядом трудностей, таких как ограничения по зонам покрытия, высокая стоимость строительства, поскольку потребуется в 1,5–2 раза больше базовых станций, да и устройств с поддержкой этого диапазона намного меньше, чем диапазона 3,5–3,8 ГГц [5: 3]. Окупаемость вложений в развитие 5G может быть длительной, особенно для операторов связи, которые должны одновременно обслуживать и устаревшие сети.

В связи с политической обстановкой в мире поставки оборудования для 5G от западных производителей прекращены. Поэтому все оборудование, которое будет использоваться для создания 5G, будет отечественного производства. Ряд компаний в России, такие как «Иртея», «Триалинк Групп» и «Булат» (дочерняя компания «Ростелекома») занимаются сейчас созданием 5G-оборудования. Кроме того, существует проблема нехватки кадров, в том числе высококвалифицированных специалистов в сфере IT и кибербезопасности, для проектирования, развертывания, эксплуатации и обслуживания 5G-сетей и связанных с ними приложений. Для преодоления этой проблемы необходимо перестроить систему подготовки специалистов, проводить совместные мероприятия с участием вендоров и представителей промышленных предприятий. Также важно наличие полноценной и понятной технической документации по технологиям 5G на русском языке.

Прогнозируемые сроки внедрения технологии 5G на железнодорожном транспорте в России.

Внедрение 5G на железнодорожном транспорте России – это долгосрочный проект и спрогнозировать точные сроки внедрения сложно, поскольку они зависят от множества факторов, включая политическую обстановку в стране, государственную поддержку, инвестиции, разработку стандартов, готовность инфраструктуры и операторов связи. Однако, в мае 2024 года заместитель генерального директора РЖД Евгений Чаркин заявлял, что для начала сеть 5G планируют внедрить на высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург в 2028–29 гг., а в будущем – на линиях, ведущих в Нижний Новгород и Казань. В 2030–35 гг. может начаться постепенная замена GSM-R, если 5G (особенно в URLLC-режиме) докажет свою надежность и безопасность для критически важных систем управления движением [6: 1].

Вывод. Изучив характеристики 5G, их соответствие железнодорожной отрасли, услуги, которые можно будет предоставить на базе 5G-R и проблемы, связанные с внедрением 5G, необходимо отметить, что данная технология открывает значительные перспективы для развития железнодорожного транспорта и послужит основой для дальнейшего развития цифровой экономики.

Однако, в процессе развертывания мобильных сетей нового поколения в грядущем десятилетии операторы столкнутся с неизбежными трудностями. Существующие проблемы не являются непреодолимыми. Более того, изучение и применение зарубежного опыта, в частности Китая, поможет предотвратить множество ошибок, которые могут возникнуть в процессе внедрения мобильных сетей пятого поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ruisi He, Bo Ai, Zhangdui Zhong, Mi Yang 5G for Railways: the Next Generation Railway Dedicated Communications // Электронный журнал IEEE Communications Magazine. 2022. Т. 60. № 12. С. 130–136.
- 2 URL: https://www.researchgate.net/publication/361832676_5G_for_Railways_the_Next_Generation_Railway_Dedicated_Communications (дата обращения: 19.10.2025).
- 3 Kenny Trinh Exploring the advantages of 5G for the railway sector // Электронный журнал Global Railway Review, 2020. URL: <https://www.globalrailwayreview.com/article/97725/5g-advantages-railway-sector> (дата обращения: 19.10.2025).
- 4 Чжан Аогуй Применение технологии связи 5G в городском железнодорожном транспорте // Электронный научный журнал «Научный аспект», 2020. URL: <https://na-journal.ru/5-2024-informacionnye-tehnologii/11663-primenenie-tehnologii-svyazi-5g-v-gorodskom-jeleznodorojnom-transporte> (дата обращения: 19.10.2025).
- 5 Пиликина Е. А., Белоус К. В., Державин М. В. Перспективы и пути развития 5G в России // StudNet. 2020. № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-i-puti-razvitiya-5g-v-rossii> (дата обращения: 19.10.2025).
- 6 Кодачигов В. Поговорили на частоту: в России определились с диапазонами для 5G // Новостной интернет-портал мультимедийного информационного центра «Известия», 2024. URL: <https://iz.ru/1649416/valerii-kodachigov/pogovorili-na-chastotu-v-rossii-opredelilis-s-diapazonami-dlia-5g> (дата обращения: 19.10.2025).
- 7 РЖД могут внедрить сети 5G на высокоскоростных магистралях. //Официальный ресурс ОАО «РЖД» (Российские железные дороги) URL: <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=216440> (дата обращения: 19.10.2025).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОТРУДНИЧЕСТВА С ПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ ИЗ КИТАЯ В РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ RFID-КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯТОРОВ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ

Т. А Несенюк, А. Д. Ильдеров

Уральский государственный университет путей сообщения

Введение. При современной нестабильной внешнеполитической обстановке новые возможности в области исследований открываются в направлении политико-экономического курса «Разворот на восток». Устанавливаются новые экономические связи России с дружественными странами Азиатско-Тихоокеанского региона, в том числе на таких стратегических партнёров как Китай. Работа над созданием бесконтактной системы контроля изоляции начиналась с изучения возможностей RFID-технологий, применяемых в мире. Радиочастотная идентификация изделий применялась для управления доступом в системах контроля, в сфере логистики для отслеживания товаров, кроме того в библиотеках и книгохранилищах, а также на складах [1-6]. Несенюк Т.А было предложено инновационное решение совместить диагностику и идентификацию оборудования. Сама система представляет комплексное решение, где применяются три основных компонента: радиочастотные индикаторы, считывающее устройство и программное обеспечение.

Методы решения задачи. Расчёт и выпуск первых радиочастотных индикаторов проводился совместно с двумя российскими производителями ООО «РСТ-Инвент» и АО «Микрон» на основе пассивных RFID-меток. Разработка велась исходя из потребности контролировать диэлектрическое состояние изоляторов. Составлялось техническое задание, велся математический расчет десятков моделей, выбирались образцы с максимальной зоной приема-передачи, которые исследовались в лабораторных и полевых условиях. Сама радиочастотная метка-индикатор состоит из корпуса, антенны и чипа. Ее радиочастотные характеристики зависят от применяемого чипа, расчета антенны, материала поверхности изолятора, способа и места крепления. Чипы поставлялись из Китая, таким образом, уже на начальной стадии разработки закладывались дружественные экономические выгодные отношения для производства данных изделий.

Считыватели выпускали производители всего мира, но предъявляемым требованиям, а именно дальности регистрации пассивных индикаторов свыше 30 метров, никто из производителей не подходил. Тогда на базе УрГУПС, совместнос «УЦДО СКЛ» мы начали разрабатывать считывающее устройство для оперативного персонала (рисунок 1). Сложное инженерно-техническое решение было реализовано с применением компонентов различных производителей. После смены курса и введения санкций со стороны западных стран и Соединённых Штатов Америки приходилось заменять ряд электронных компонентов, что создавало сложности. Каждый раз приходилось обновлять не только компоненты, но и прорисовывать и исполнять новой конфигурации печатную плату с электронными устройствами, прорабатывать 3D модель корпуса с учетом того, что считывающее устройство должно быть функционально, эргономично и эстетично. Изменения в типе радио-модуля так же приводило к новым разработкам комплекта конструкторской документации (чертеж деталей, сборочный чертеж, чертеж общего вида, габаритный чертеж, электрическая и принципиальная схемы, спецификация).



Рис. 1. Считыватели для контроля изоляторов воздушной линии электропередачи: а) считыватель разработки «УЦДО СКЛ», б) мобильный универсальный считыватель Chainway C5 UHF RFID-reader

Наиболее целесообразным решением, оказалось выбрать надежных поставщиков из дружественных стран и совместно разработать считывающее устройство с учетом технических характеристик, весогабаритных показателей, технических требований отдельных узлов и деталей портативного считывателя (аккумуляторная батарея, разъемы, дисплей, корпус).

Портативное считывающее устройство предусматривало ввод данных и получение результатов контроля изоляторов маркированных RFID-индикаторами при обходе оператором воздушной линии электропередачи, включая труднодоступные участки. Расстояние между считывателем, находящимся в руках оператора, и индикаторов, закрепленных на изоляторы, зависит от уровня напряжения и может составлять от 6 до 50 метров (зависит от высоты опоры согласно предъявляемым нормам). Для удобства оператора разработка программного обеспечения должна быть выполнена на русском языке, интуитивно понятна оперативному персоналу и учитывать действующих требования и инструкции энергосетевых компаний, включая Трансэнерго – филиал ОАО «РЖД». Пробная версия программного обеспечения была проработана и создана Несенюк Т.А.. С учетом того, что возможности RFID-технологии многогранны, открывают новые формы взаимодействия структур внутри организации, программное обеспечение для данной системы предусмотрено разрабатывать по индивидуальному техническому заданию в России.

Пройдя все этапы разработок, был выбран курс на использование готовых изделий как возможностей применения радиочастотных меток, так и применение готовых считывающих устройств с дальнейшей модернизацией к техническим требованиям и разработкой программного обеспечения на русском языке.

Для определения возможности стандартных пассивных RFID-меток были проведены лабораторные исследования. Средством измерения был выбран считыватель Chainway C5 китайской компании «Chainway». Как заявлено производителем, считыватель имеет высокую эффективность - более 950 меток/сек и дальность считывания до 20 метров (рисунок 1).

Лабораторные испытания разделили на этапы. Первый этап предусматривал определить возможности стандартных меток. Целью исследования было выбрать образцы с максимальной зоной считывания. В качестве объектов испытания были выбраны образцы российских и китайских производителей, подходящих по техническим и габаритным характеристикам для возможности дальнейшего применения вместо европейских аналогов (табл.1). Со стороны российского производства были взяты образцы «RFID метка CandyTag Duo» под номером 5 ООО «РСТ-Инвент» и образец «RFID метка Alien Higgs 9» под номером 3 компании ООО «Силтэк». Со стороны китайского производства были изучены образец «CZSTARRFID. CZS104» под номером 1 и образец «CZSTARRFID. CZS9640» под номером 4 компании *Shenzhen Czstar Technology Co., Ltd*, а также образец «7320-inlay» под номером 2 компании *Shenzhen Yuanpuda Tecghnology Co., Ltd*.

Все исследуемые образцы имеют свои габаритные размеры, но основным условием выбора было возможность закрепления образцов в определенных местах изоляторов.

Исследования проводились в лабораторных условиях УрГУПС на штыревых изоляторах: стеклянный (ШС-10) и фарфоровый (ШФ-20Г). На изолятор наносили метки через 30 градусов относительно чипа метки (рисунок 2).



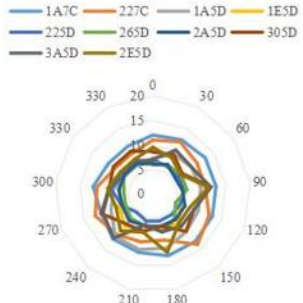
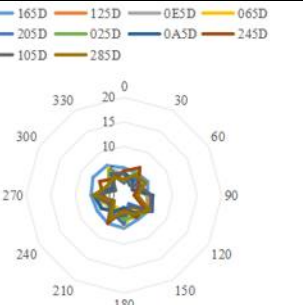
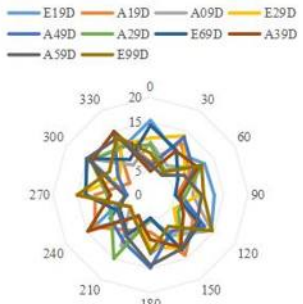
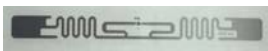
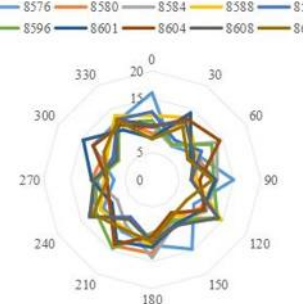
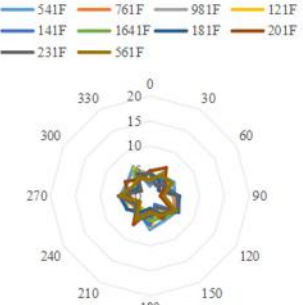
Рис. 2. Изоляторы с закрепленными RFID-метками:
а) стеклянный штыревой ШС 10, б) фарфоровый штыревой ШФ 20 Г

Изолятор закреплялся на опорно-поворотной конструкции. Путём её вращения изменяли угол поворота. Оператор со считывателем удалялся от изолятора с меткой до того момента прекращения считывания, затем приближался в сторону объекта испытаний. Таким образом, определялась максимальная дальность считывания при разных углах поворота изолятора с шагом 30 градусов в диапазоне от 0

до 330 градусов. Результаты измерений показаны круговыми диаграммами направленности в таблице 1, построение выполнялось в Microsoft Excel (MS Excel).

Таблица 1

Определение возможностей стандартных RFID-меток

№ образца	Основные характеристики	Внешний вид	Зона считывания
1	Дальность считывания: до 10 м Частота: UHF (860-960 МГц) Размер: 98 x 6 x 0,2 мм Материал: бумага		
2	Дальность считывания: до 25 м Частота: UHF (860-960 МГц) Размер: 101 x 31 x 0,2 мм		
3	Дальность считывания: до 10 м Частота: UHF (860-960 МГц) Размер: 28 x 13 x 0,2 мм		
4	Дальность считывания: до 20 м Частота: UHF (860-960 МГц) Размер: 99 x 12 x 0,2 мм		
5	Дальность считывания: до 15 м Частота: UHF (860-960 МГц) Размер: 96 x 21 x 0,2 мм		

По результатам испытаний образцов RFID-меток провели расчеты:

1. Среднее арифметическое значение дальности (формула 1) - в качестве показателя эффективности считывания метки для полного представления:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

2. Определение максимального и минимального расстояния считывания (табл.2) нескольких меток одного образца;

3. Стандартное отклонение и коэффициент вариации (формулы 2, 3) - в качестве ключевых показателей надёжности работы метки в зависимости от угла поворота изолятора.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}}, \quad (3)$$

Таблица 2

Результаты расчётов для образцов

Угол поворота, град	Образец 1		Образец 2		Образец 3		Образец 4		Образец 5	
	$\bar{x}$, м	σ , %	$\bar{x}$, м	σ , %	$\bar{x}$, м	σ , %	$\bar{x}$, м	σ , %	$\bar{x}$, м	σ , %
0	8,06	26	3,85	29	9,5	38	10,47	25	3,49	30
90	9,52	28	4,12	37	8,33	32	10,41	24	4,15	38
180	8,9	29	4,49	35	9,52	40	11,89	11	4,49	35
270	9	26	5,87	13	10	41	9,62	15	5,8	12
330	8,05	18	5,28	20	12,25	23	12,43	7	5,25	19
Среднее значение	8,71	25,4	4,72	26,8	9,92	34,8	10,96	16,4	4,64	26,8

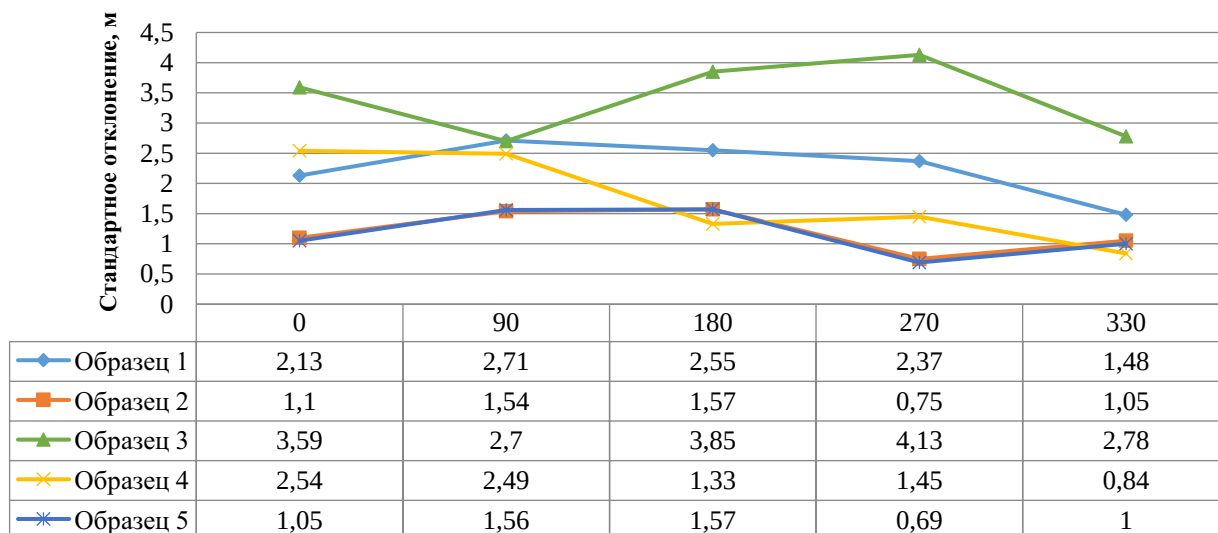


Рис. Стандартное отклонение от среднего значения

Анализ полученных результатов. По результатам исследований применения RFID-технологий для контроля диэлектрического состояния изоляторов, включавшего в себя оценку средней дальности считывания и стабильной зоны считывания при изменении угла изолятора подтвердила техническую осуществимость данного подхода в рамках установки пассивных RFID-меток на изоляторы воздушных линий и контактной сети. Второй и пятый образцы показали минимальную зону считывания соответственно 3,85 м и 3,49 м, что исключает их применения для контроля изоляторов на опорах воздушной линии

электропередачи. Наибольшее значение стандартного отклонения и коэффициента вариации показал образец 3, значение составило 4,13 м и 34,8 %. Для дальнейшего исследования выбрали образец 1, который показал стабильную зону считывания 8,71, стандартное отклонение не превышало 2,71 м, коэффициент вариации находился в пределах от 18 до 29. У образца 4 значения максимального стандартного отклонения 2,54 м и коэффициента вариации не более 25, что свидетельствует о достаточном уровне надёжности по сравнению с другими образцами. При проведении эксперимента было выявлено, что преимущество китайского образца «CZSTARRFID. CZS9640» под номером 4 компании *Shenzhen Czstar Technology Co., Ltd*, обусловлено вытянутой прямоугольной формой зоны действия, что обеспечивает более стабильное считывание прибором, минимизируя «мёртвые зоны», максимальная дальность составила 12,43 м.

Выводы. Таким образом, в условиях санкций и тенденций импортозамещения для дальнейшего развития технологий необходимо наращивать партнерские отношения с компаниями Китая, работающими в области радиочастотной идентификации. Так, ориентируясь на опыт китайского производителя, перенимать фундаментальные принципы и стандарты производства. Сотрудничество в разработке системы RFID-контроля оборудования предусматривает адаптацию разработанной технологии с применением считывающих устройств и RFID-индикаторов и русскоязычного интерфейса для российских производителей в задаваемых условиях эксплуатации системы электроснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Месропян, Катрин. RFID – радиочастотная идентификация / Катрин Месропян, А. А. Романенко, М. Ю. Житарев // Молодой ученый. 2023. № 35 (482). С. 15-19.
- 2 Колмаков В. О. Возможности применения RFID-технологий для диагностики защитных устройств и изоляторов / В. О. Колмаков, Р. В. Беляев, Д. Н. Митрофанов // StudNet. 2020. №12. С. 859 - 868.
- 3 Несенюк Т. А. Применение RFID-технологий для поиска неисправной изоляции / Несенюк Т. А. // Транспорт Урала. 2013. № 2 (37). С. 72-76.
- 4 Несенюк Т. А. Результаты экспериментальных исследований работы RFID-системы контроля изоляторов в опытно-промышленной эксплуатации / Т. А. Несенюк // Транспорт Урала. 2025. № 1 (84). С. 97-101.
- 5 Несенюк, Т. А. Радиочастотная идентификация для автоматизированного контроля состояния изоляторов / Т. А. Несенюк // Энергобезопасность и энергосбережение. 2018. № 5. С. 45–51.
- 6 Галкин, А. Г. Бесконтактный RFID-контроль изоляторов / А. Г. Галкин, Т. А. Несенюк, О. А. Шерстюченко // Транспорт Урала. 2014. № 1 (40). С. 65–70.

УДК 65.011.56

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ДИРЕКЦИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ – РЕЗУЛЬТАТЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

В. А. Неумоин

Нижегородский институт путей сообщений (НИПС) –
филиал Приволжского государственного университета путей сообщений (ПривГУПС)

Введение. В 2017 году после III железнодорожного съезда в ОАО «РЖД» в связи с поручением президента РФ о переходе на отечественное программное обеспечение были развернуты работы по реализации проекта «Цифровая трансформация». В 2018 году был реализован Сервисный портал работников ОАО «РЖД», предоставляющий расширенный набор услуг и возможностей с любого рабочего места.

В 2019 году вышел первый номер Вестника цифровой трансформации ОАО «РЖД» и Советом директоров принята Стратегия цифровой трансформации [1], предусматривающая создание цифровых платформ:

- мультимодальные пассажирские перевозки,
- оператор линейной инфраструктуры,
- мультимодальные грузовые перевозки,
- управление перевозочным процессом,
- тяговый подвижной состав,
- непроизводственные процессы,
- транспортно-логистические узлы.

Актуализированная Стратегия цифровой трансформации ОАО «РЖД» до 2025 года утверждена в 2023 году. В 2023 году вышел обновленный номер журнала «Вестник цифровой трансформации РЖД», в котором

освещались актуальные информационные пакеты по развитию цифровой трансформации в холдинге РЖД. Проект цифровой трансформации коснулся всех хозяйств ОАО «РЖД», в том числе Центральной дирекции инфраструктуры, и в каждом хозяйстве было организовано применение современных цифровых платформ, включая электронный документооборот и систему искусственного интеллекта.

Прошло 8 лет и, наверное, можно уже подвести промежуточные итоги цифровизации технологических процессов Центральной дирекции инфраструктуры и определить пути их дальнейшего развития.

Методы решения задачи. В оперативных хозяйствах Центральной дирекции инфраструктуры в 2017 году использовалось 14 основных цифровых ресурсов (рис.1):

АСОУП, Автоматизированная система организации управления перевозками – используется всеми хозяйствами;

СИС ЭФФЕКТ, Справочно-информационный сервис – используется всеми хозяйствами;

АСУ П, Автоматизированная система управления путевым хозяйством;

АСУ Ш 2, Комплексная автоматизированная система управления хозяйством автоматики и телемеханики второго поколения.

ЕК АСУ И, Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой (прежнее название: Единая корпоративная автоматизированная система управления инцидентами) – используется хозяйствами пути и сооружений, автоматики и телемеханики;

Далее перечислены системы, предназначенные для решения производственных задач вагонного хозяйства:

АСУ ПТО, Автоматизированная система управления пункта технического обслуживания вагонов;

СКАТ, Система контроля автоматизированная транспортная;

АСУ ТОР ЭК, Автоматизированная система управления текущим отцепочным ремонтом на основе экономических критериев;

АС АР ВХ, Автоматизированная система анализа эксплуатационной и ремонтной работы вагонного хозяйства ОАО «РЖД»;

АСУ КГУ, Автоматизированная система управления Контроль гарантийных участков;

СКО ВХ, Сводная корпоративная отчетность вагонного хозяйства;

ЭДО СПС, Система электронного документооборота с собственниками подвижного состава;

ЭДО ВРК, Система электронного документооборота с вагоноремонтными компаниями;

ЕЛС ТОР, Единый лицевой счет собственника подвижного состава при выполнении текущего отцепочного ремонта грузовых вагонов.



Рис. 1. Автоматизированные системы Центральной дирекции инфраструктуры до реализации проекта Цифровая трансформация (2017 год)

В 2024 году количество цифровых ресурсов уменьшилось более чем в два раза и составляет всего 6 (рис. 2). Выведена из эксплуатации система СИС ЭФФЕКТ, но введена в эксплуатацию система АСОУП-2.



Рис. 2. Автоматизированные системы Центральной дирекции инфраструктуры после реализации проекта Цифровая трансформация (2025)

Наибольшее количественное сокращение цифровых систем наблюдается по вагонному хозяйству – вместо используемых 9 автоматизированных систем введена в эксплуатацию одна – Единая корпоративная автоматизированная система управления вагонного хозяйства (ЕК АСУ В). Используемые ранее системы либо вошли в ЕК АСУ В в качестве подсистем, либо выведены из эксплуатации с переносом функционала в ЕК АСУ В.

Анализ полученных результатов. Исходя из сказанного можно сделать вывод об общей значительной эффективности реализации цифровой трансформации – количество программных разработок

уменьшилось, набор функциональных возможностей увеличился. Налицо и производственная и экономическая эффективность.

Рассмотрим типовую схему автоматизированной системы (рис. 3).



Рис. 3. Типовая схема автоматизированной системы

Элементы «АРМ администратора», «Сервер», «База данных» являются ядром системы. Функциональные возможности цифрового ресурса оцениваются исходя из объема справочной информации, количеством всевозможных отчетов, количеством шаблонов для заполнения учетных и отчетных документов, возможности вывода форм на различные печатающие устройства и записи в различные форматы данных. В общем случае возможности любого цифрового ресурса на этом и ограничиваются.

В приведенной схеме отсутствует два, очень важных, элемента: цифровизация технологических процессов и генерация управляющих решений, которые, собственно, и обеспечивают эффективность автоматизированных систем, без которых цифровой ресурс является, по сути, информационно-справочной системой.

Если рассматривать подход цифровизации технологических процессов, то в ЦДИ, судя по информации из открытых источников, оцифрованы только два техпроцесса: выполнение текущего отцепочного ремонта грузовых вагонов приватного парка и взаиморасчета с собственниками подвижного состава за выполненную работу [2] и выполнение ремонта деталей и узлов грузовых вагонов и взаиморасчета с вагоноремонтными компаниями за выполненную работу [3].

При этом основным технологическим процессом инфраструктурного комплекса является выполнение технического обслуживания и ремонта объектов инфраструктуры. И, несмотря на обилие программных продуктов и функциональных возможностей, работа по оцифровке указанного процесса не развернута.

Одной из основных составляющих технологического процесса технического обслуживания и ремонта объектов инфраструктуры является планирование работ, и поставки или закупки материально-технических ресурсов. О возможности и способе оцифровки процесса развернуто описано в работах [4-5]. Как цифровизация основного технологического процесса, так и генерация управляющих решений невозможны или, как минимум, труднореализуемы без объединения существующих цифровых ресурсов инфраструктурного комплекса в единый программный продукт (рис. 4).



Рис. 4. Структурная схема Единой корпоративной автоматизированной системы управления хозяйством инфраструктуры (ЕК АСУ ЦДИ)

Такое объединение должно проходить с соблюдением следующих принципов:

- сохранение все существующих функциональных возможностей;
- применение электронного документооборота при цифровизации технологических процессов;
- применение современных цифровых платформ (BIG-Data, Искусственный интеллект и пр.);

- плавный переход на новые цифровые возможности без снижения производственной эффективности.

Соблюдение указанных требований наиболее легко осуществить при выборе в качестве основной (базовой) системы ЕК АСУ В, которая уже прошла путь цифровой трансформации по вагонному хозяйству, эффективно применяет электронный документооборот и обеспечивает информационное взаимодействие с основными информационными ресурсами ОАО «РЖД».

Практическое приложение результатов. Цифровая трансформация это, в первую очередь, управленческая задача [6], которая достигается внедрение цифровых технологий с использованием передовых цифровых платформ. Цифровизация технологических процессов, анализ деятельности хозяйств железнодорожного транспорта и генерация управленческих решений возможны только при обеспечении охвата всего комплекса производственных процессов, выполняемых в хозяйстве.

Анализ внедрения и развития цифровой трансформации в инфраструктурном комплексе может быть использован в других хозяйствах железнодорожного транспорта, что приведет к повышению эффективности работы холдинга РЖД.

Выводы. Основная цель и задача цифровой трансформации – повышение привлекательности железнодорожных перевозок и улучшение цифрового диалога с компаниями – клиентами и партнерами ОАО «РЖД». Данная задача может быть достигнута в том числе развитием цифровой трансформации в инфраструктурном комплексе, которая обеспечит:

- автоматизацию рутинных производственных операций на рабочих местах инженерно-технических работников;
- сокращение временных показателей на выполнение этапов технологических процессов;
- повышение качества ремонта объектов инфраструктуры;
- увеличение межремонтного срока работы объектов инфраструктуры;
- повышение качества услуг, предоставляемых клиентам компании РЖД;
- улучшение экономических показателей инфраструктурного комплекса ОАО «РЖД».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Зубов А. Н. Цифровая весна // Гудок. 202. № 70 (27650). 1 полоса.
- 2 Неумоин В. А. Электронный документооборот с собственниками подвижного состава при текущем отцепочном ремонте // Вагоны и вагонное хозяйство. 2013 № 2 (34). С. 3-5.
- 3 Неумоин В.А. Новые IT-технологии в вагонном хозяйстве // Вагоны и вагонное хозяйство. 2014 № 4 (40). С. 12-14.
- 4 Неумоин В. А., Катаева Л. Ю., Неумоина Е. Г. Оптимизация управления технологическими процессами инфраструктурного комплекса российских железных дорог // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 3. С. 69-75.
- 5 Неумоин В. А., Катаева Л. Ю. Автоматизация планирования на железнодорожном транспорте как важная составляющая его цифровизации // Развитие и безопасность. 2024. № 3. С. 51-62.
- 6 Клычева Н. А., Прокофьева Е. С. Цифровая трансформация транспортно-логистических услуг // Сборник научных трудов ДОНИЖТ. 2020. № 56. С. 49-55.

УДК 621

ТЕХНОЛОГИИ РАСШИРЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ ОАО «РЖД»

П. Р. Папировский, В. А. Фатеев, Ф. А. Куликов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современный технологический прогресс все чаще направлен на усиление физических возможностей человека. Одной из наиболее ярких и перспективных разработок в этой области являются экзоскелеты – носимые ((robotic) роботизированные) устройства, которые кардинально меняют подход к труду в условиях, требующих значительных физических усилий. Эти устройства находят применение в самых разных сферах – от медицины и реабилитации человека до промышленного производства и логистики. В данной статье рассматриваются не только общие понятия и классификация экзоскелетов, но и проводится анализ потенциального внедрения этих технологий в одну из самых

трудоемких отраслей – путевое хозяйство ОАО «РЖД». Особое внимание уделяется деятельности путевых машинных станций (ПМС), труд рабочих которых сопряжен с высокими нагрузками.

Экзоскелет – это сложное техническое устройство, представляющее собой внешний каркас, который механически взаимодействует с телом пользователя. Его основное предназначение – усиление, поддержка, восстановление или расширение физических возможностей человека. В отличие от протезов, заменяющих утраченные конечности, экзоскелеты функционируют в симбиозе с существующими биологическими структурами, многократно увеличивая их силу и выносливость.



Рис. 1. Активный экзоскелет

Конструктивно экзоскелеты можно классифицировать по нескольким ключевым признакам:

- **По типу привода:** устройства делятся на **активные** (использующие электромоторы, гидравлику или пневматику), **пассивные** (работающие за счет механических элементов – пружин, эластомеров, систем накопления энергии) и **гибридные**.
- **По назначению:** выделяют **медицинские** (для реабилитации и восстановления двигательных функций), **промышленные** (для снижения нагрузки на работников) и **военные** (для увеличения мобильности и грузоподъемности).
- **По области поддержки:** существуют модели для спины, нижних или верхних конечностей, а также полно ростовые системы.

Ярким примером инновационной пассивной конструкции является **экзоскелет для спины человека**, описанный в патенте WO2025071433A1. Его особенность заключается в наличии двух «позвоночных колонн», каждая из которых состоит из гибкого стержня, позвонков и межпозвонковых распорок в виде упругих элементов (например, волновых пружин). Такая конструкция не только имитирует анатомию человеческого позвоночника, обеспечивая высокую подвижность и амортизацию, но и эффективно передает нагрузку с плечевого пояса на тазобедренный сустав, значительно разгружая спину.

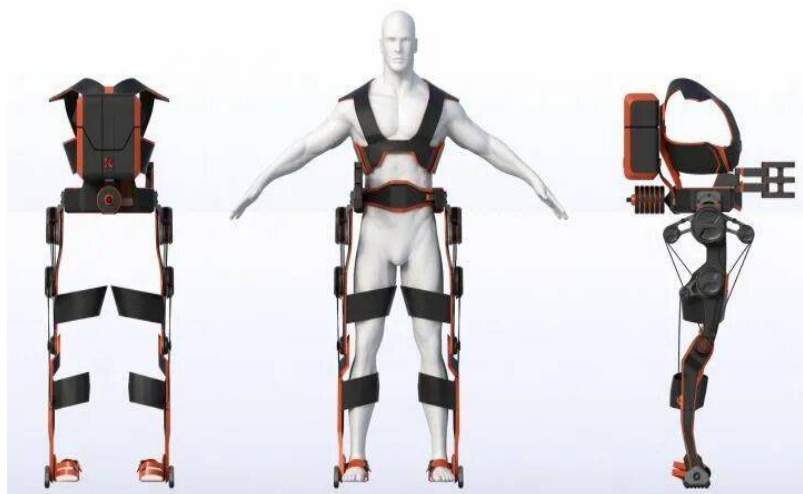


Рис. 2. Активный экзоскелет для нижних конечностей

Другой пример – **промышленный экзоскелет с линейным гравитационным компенсатором (RU207768U1)**, который за счет накопления потенциальной энергии при наклоне оператора помогает поднимать грузы с минимальным мышечным усилием.



Рис. 3. Гибридный экзоскелет полно ростовая система

Сферы применения экзоскелетов постоянно расширяются, открывая новые горизонты в самых разных областях человеческой деятельности.

- **Промышленность и логистика.** Это одно из самых востребованных направлений, где экзоскелеты уже демонстрируют значительный экономический эффект. Например, на заводе «КАМАЗ» в 2023 году была начата опытная эксплуатация пассивных экзоскелетов российского производства **X-Soft** компании Exorise. Устройства весом 2,5 кг передаются работникам, чьи обязанности связаны с переносом тяжелых деталей (турбокомпрессоров весом 25 кг, шестерен и валов до 15 кг). По данным разработчиков, экзоскелет снимает от 30 % до 37 % нагрузки с позвоночника. Это не только снижает риск производственного травматизма, но и дисциплинирует осанку, сокращает количество перерывов на отдых и в итоге повышает производительность.



Рис. 4. Гибридный экзоскелет для верхних конечностей

- **Медицина и нейрореабилитация.** Медицинские экзоскелеты кардинально меняют подход к восстановлению пациентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата после инсультов, травм спинного мозга или при таких заболеваниях, как рассеянный склероз. Устройства вроде **ExoAtlet** используются для вертикализации пациентов и восстановления навыка ходьбы. Разрабатываются интерфейсы «мозг-компьютер», которые позволяют управлять экзоскелетом силой мысли, что открывает революционные

возможности для нейрореабилитации. Кроме того, существуют специализированные разработки, например, роботизированный ортез для ноги, помогающий пациентам с травмой колена.

- **Спорт и активный отдых.** Исследователи постоянно работают над применением экзоскелетов для улучшения спортивных результатов. Так, ученые из Стэнфорда разработали активный экзоскелет для голени, который за счет системы тросов, управляемых внешними электромоторами, позволяет снизить энергозатраты при беге примерно на 15 %.

- **Военная сфера и спасательные операции.** В этих областях требуются экзоскелеты, позволяющие переносить значительные грузы на большие расстояния, например, полноростовые системы типа **Guardian XO** от Sarcos Robotics

Путевое хозяйство является одной из ключевых и наиболее ресурсоемких инфраструктурных составляющих ОАО «РЖД». В его структуре особая роль отводится **путевым машинным станциям (ПМС)** – региональным подразделениям, на которые возложены задачи по капитальному ремонту, реконструкции и новому строительству железнодорожных путей.

Виды работ ПМС чрезвычайно разнообразны и тяжелы:

1. Реконструкция верхнего строения пути.
2. Все виды капитального ремонта.
3. Укладка новых путей и стрелочных переводов.
4. Демонтаж старогонных рельсошпальных решеток (РШР).
5. Завоз и выгрузка материалов верхнего строения пути, в частности щебня.
6. Сборка путевой решетки на звеноборочных базах.

Особенно остро стоит вопрос условий труда в рамках масштабного проекта по модернизации **Байкало-Амурской магистрали (БАМ)**. ПМС, такие как станции Могот и Новый Ургал, являются градообразующими предприятиями с численностью персонала до 400 человек и выполняют колоссальные объемы работ в сложных климатических условиях Дальнего Востока и Крайнего Севера.

Труд рабочих на путях характеризуется высокой интенсивностью и большими физическими нагрузками. Анализ штатной численности ведущих профессий ПМС показывает, что наибольшую группу составляют **монтеры пути** – их численность в одной из ПМС выросла со 103 человек в 2022 году до 274 в 2023-м в связи с ростом объемов нового строительства. Именно монтеры пути выполняют основные ручные операции:

1. Замена рельсов и шпал.
2. Выправка пути.
3. Обточка рельсов.
4. Ручной демонтаж деревянных РШР.

Работы часто ведутся в условиях сжатых временных «окон» в графике движения поездов, что требует от рабочих максимальной отдачи и выносливости. При этом многие операции, такие как демонтаж деревянных решеток, до сих пор отличаются низким уровнем механизации и требуют значительных физических усилий, что повышает риск травм опорно-двигательного аппарата.

Для глубокого изучения возможностей интеграции экзоскелетов в реальный производственный процесс Российской железной дороги в рамках своей инфраструктуры, целесообразной представляется организация визита в Сектор новых технологий Куйбышевской дирекции по ремонту пути (ДРП). Данный выбор позволяет избежать межрегиональных сложностей и сконцентрировать усилия на эффективном внедрении инноваций в familiarной операционной среде.

Обоснование выбора

Сектор новых технологий Куйбышевской ДРП является ключевым звеном в процессе технологического обновления одного из крупнейших железнодорожных узлов России. Деятельность Дирекции напрямую связана с обеспечением бесперебойного и безопасного движения поездов, что предполагает выполнение больших объемов тяжелых ручных работ на путевом хозяйстве силами подведомственных путевых машинных станций (ПМС), таких как ПМС-148. Коллектив этих предприятий ежедневно сталкивается с высокими физическими нагрузками, аналогичными тем, что описаны для ПМС на БАМе: демонтаж и сборка рельсошпальной решетки, работа с тяжелыми элементами верхнего строения пути, складирование щебня. Это делает персонал Куйбышевской ДРП идеальной фокус-группой для испытаний и оценки эффективности промышленных экзоскелетов. Более того, выбор этой организации полностью соответствует стратегическому курсу Холдинга «РЖД» на инновационное развитие и цифровую трансформацию, включая внедрение передовых технологий для поддержки персонала и повышения производительности труда.

Цели посещения

1. Оценка условий труда: Изучение конкретных операций в условиях Куйбышевской железной дороги, связанных с подъемом и переносом тяжестей (шпалы, элементы креплений), работой в неудобном положении (при выправке пути).
2. Аprobация технологий: Организация пробной эксплуатации пассивных экзоскелетов российского производства (например, моделей для спины X-Soft) непосредственно на базе ПМС-148 или аналогичной станции в составе Дирекции. Это позволит получить релевантные данные в реальных производственных условиях.
3. Экономический анализ: Расчет потенциального экономического эффекта от внедрения экзоскелетов в рамках Куйбышевской ДРП, включая снижение потерь от производственного травматизма, сокращение времени на выполнение операций и уменьшение числа перерывов на отдых.
4. Социологическое исследование: Получение обратной связи от самих рабочих, бригадиров и технических специалистов Сектора новых технологий об удобстве использования устройств, их влиянии на самочувствие и готовности к регулярному применению новых технологий.

Ожидаемые результаты

Посещение Сектора новых технологий Куйбышевской дирекции по ремонту пути и проведение пилотного проекта по внедрению экзоскелетов позволит:

1. Разработать практические отраслевые рекомендации по применению экзоскелетов в путевом хозяйстве, адаптированные к условиям крупных железнодорожных узлов.
2. Обосновать экономическую целесообразность масштабирования проекта и массовых закупок данных устройств для других подразделений ОАО «РЖД».
3. Создать основу для разработки «цифрового двойника» рабочего места монтера пути, оснащенного экзоскелетом, что полностью соответствует курсу РЖД на цифровизацию и использование технологий предиктивной аналитики.

Заключение

Экзоскелеты перестали быть футуристической фантастикой и превратились в реальный инструмент повышения эффективности и безопасности труда. Их потенциальное применение в путевом хозяйстве ОАО «РЖД», и в частности на предприятиях Куйбышевской дирекции по ремонту пути, может произвести настоящую революцию в организации одного из самых тяжелых видов работ. Внедрение этих технологий способно не только уменьшить физическую нагрузку на рабочих, предотвратить травмы и повысить производительность, но и сделать работу в отрасли более привлекательной для молодого поколения. Пилотный проект на базе Сектора новых технологий Куйбышевской ДРП мог бы стать отправной точкой для масштабной технологической трансформации в рамках дирекции и послужить успешным примером для других подразделений компании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Горьковская железная дорога / Официальный сайт. 2025. 10 февраля. «На Горьковской железной дороге внедряют экзоскелеты для работников путевого комплекса».
- 2 Куйбышевская железная дорога / Официальный сайт. 2024. 29 марта. «На Куйбышевской железной дороге стартовала масштабная путеремонтная кампания».
- 3 Патент WO2025071433A1 «Экзоскелет для спины человека». 2024.
- 4 Патент RU207768U1 «Промышленный экзоскелет с линейным гравитационным компенсатором». 2021.
- 5 На заводе «КАМАЗ» началась опытная эксплуатация двух пассивных экзоскелетов // *Nabr*. 2023.
- 6 Экзоскелеты: принцип действия, конструкция, применение // *Top3dshop*. 2023.
- 7 Экзоскелеты в логистике: за и против // Журнал «РЖД-Партнер». 2020. 26 мая.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ

З. Д. Петров, К. Р. Батырина, Л. Ф. Казанская

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Введение. Цифровизация представляет собой процесс перехода на цифровые технологии и применение цифровых инструментов с целью оптимизации различных процессов. Это может включать в себя внедрение программного обеспечения для управления данными, использование облачных решений, работу с большими данными и аналитикой. Цифровизация помогает организациям улучшить взаимодействие с клиентами, ускорить процессы и сократить затраты. В строительстве цифровизация используется, как на этапе проектирования, так и на этапах самого строительства и эксплуатации. Одной из таких технологий является BIM-моделирование

Термин BIM (Building Information Modeling) был предложен профессором Чаком Истманом в 1970 году и обозначал компьютерное моделирование конструкции здания [1]. В настоящее время в России в дорожном строительстве интерес к BIM появился с 2014 года, когда был подписан Приказ Минстроя России от 29 декабря 2014 года №926/пр «Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства». А уже в 2018 году в России началась работа над первым пилотным проектом BIM - капитальным ремонтом трассы Р-243. Были запроектированы водопроводные трубы, 60 пересечений и примыканий, 10 участков освещения, водопровод и канализация, линии электропередач, подпорная стенка, шумозащитные экраны. И относительно недавно, в 2021 году вышло Постановление Правительства РФ №331 от 5 марта 2021, которое обязывает формировать информационную модель проекта при строительстве, финансируемом государством, поэтому использование цифровых технологий в ряде отраслей в рамках национальных и федеральных проектов, подчёркивает актуальность данного тренда.

В данной статье поставлена задача рассмотреть преимущества применения цифровых технологий при строительстве автомобильных дорог.

Методы решения задач. В статье использованы методы анализа, обобщения и аналогии.

Анализ полученных результатов. Основные преимущества BIM перед 2D проектированием: возможность отслеживать весь жизненный цикл проекта, включая дополнительную информацию, например, финансовое управление, доступ к актуальной информации по объекту (эксплуатация), возможность планирования безопасного вывода объекта из эксплуатации (снос), экономия бюджета на 7-8 % т.к. используются исключительно цифровые инструменты, возможность быстро найти ошибку, т.к. вся программа автоматическая и при изменении одной характеристики (например, прочности асфальтобетона), изменяются другие. Важным достоинством также является отсутствие коллизии объектов. Коллизия в строительстве возникает, когда разные разделы проектной документации противоречат друг другу и мешают процессу возведения объекта [2].

Главное отличие BIM от 3D проектирования в САПР – это не только представление о трехмерном пространстве, но и модель, в которой каждый элемент несет в себе информацию. BIM-модель, созданная архитектором, может быть преобразована в аналитическую модель, которую можно использовать при структурном анализе. Инженер-строитель может получить данные о напряжениях, прогибах, деформации.

Каждый элемент проекта связан с уровнем детализации (LOD). Эта аббревиатура имеет обозначает 2 понятия:

«Уровень разработки» и «Уровень детализации». Первое- степень проработки геометрических элементов и информации о них, второе-уровень детализации BIM-модели. Процесс проектирования основан на 3 уровнях классификации. 1 уровень - 2Д модели, 2 уровень- 3Д модели, а также 3 уровень - концепция BIM [3]. Этапы проектирования представлены на рис. 1.



Рис. 1. Этапы проектирования объектов BIM-технологий

Также для создания BIM-моделей активно используются БПЛА (беспилотные летательные аппараты). Их интеграция позволяет решать все больший спектр задач. Осуществлять геодезический контроль, следить за этапами строительства, проводить диагностику на этапе эксплуатации автомобильных дорог.

Например, при проведении ИГДИ (инженерно-геодезических изысканий) при строительстве трассы М-12 (Москва-Казань) были использованы БПЛА, а именно воздушно-лазерное сканирование (ВЛС) и создана точная цифровая модель рельефа за короткое время. Также была задействована новейшая технология с применением БПЛА и информационных моделей и создана таксационная ведомость лесных насаждений. Стало возможным сделать точную 3Д модель леса, определить породы деревьев, геометрические положения, параметры, общее количество деревьев, их габариты (рис.2). Это помогает в расчётах объемов лесных насаждений для высадки или вырубки и т.д.

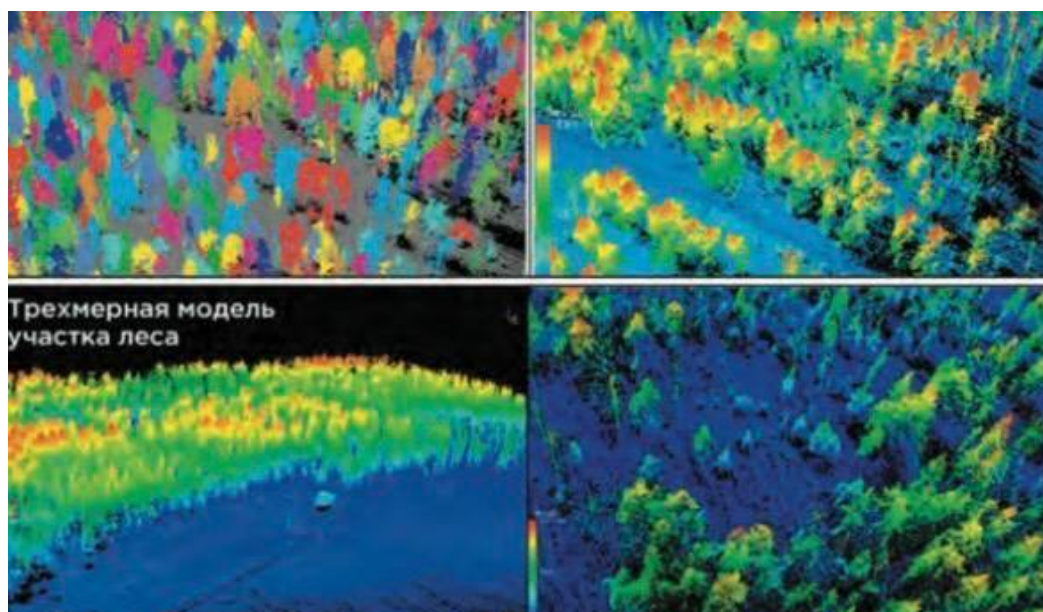


Рис. 2. Трёхмерная модель участка леса

Использование БПЛА позволяет сократить денежные расходы и время на полевые работы, высокое разрешение материалов позволяет свести ошибки на ноль, получать обширные сведения об объекте [4].

Практическое приложение результатов. В последние годы происходит активное продвижение проектов по внедрению цифровых технологий в области строительства дорог. Основными мотиваторами этого процесса являются переориентация маршрутов, модернизация узких участков инфраструктуры и увеличение пропускной способности за счет внедрения современных цифровых решений.

Переориентация транспортных коридоров позволит оптимизировать логистику и сделать перевозки, как грузов, так и пассажиров, более эффективными.

Преимущества BIM обширны, но далеко не все используют информационные модели при строительстве. Особенно маленькие компании. Это происходит по ряду причин.

1. Нехватка специалистов, которые владеют технологией.
2. Инвестиции в оборудование и ПО (в дорожно-строительной отрасли, по данным Минцифры доля затрат компаний на цифровизацию в дорожном строительстве составляет 0.2-0.5 % от выручки компаний).
3. Слабая нормативно-техническая база.
4. Нежелание специалистов осваивать новые технологии, так как им привычнее работать в 2Д.

Выводы. Несмотря на все сложности внедрения BIM в дорожное строительство, развитие цифровой модели возможно, это всего лишь вопрос времени. Ведь использование технологии значительно экономит ресурсы, сводит ошибки к минимуму. Например, российская организация «РосАвтодор» активно использует BIM технологии, участвует в различных мероприятиях типа BIM-практикум, где обсуждается, как внедрять эти технологии; в профессиональных конкурсах, например, ТИМ-ЛИДЕРЫ 2024/25. BIM пользуется государственной поддержкой, и для компаний, которые сегодня осваивают эту технологию открывается возможность дальнейшего роста в будущем. Плюсы значительно превысили минусы, поэтому цифровые модели будут внедряться все больше и больше в сферу дорожного строительства с каждым годом, что станет ключевым фактором для повышения конкурентоспособности отрасли и обеспечения устойчивого развития в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Козлов А. В., Фриман Д. Д., Еремеев В. В Применение беспилотных летательных аппаратов при решении задач управления качеством автомобильных дорог государственной компании «АВТОДОР» // Инновации в строительстве дороги. 2021. № 97 С. 60-63.
- 2 Чесноков Е. Н., Кабанов Ю. Е. Что такое BIM-технологии в сфере дорожного строительства //XV Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Россия молодая». 2023. С.2.
- 3 Vignali V., Ennia M., Claudio L., Building information Modelling (BIM) application for an existing road infrastructure // Automation in Construction. 2021.
- 4 Кнуров К. И., Казанская Л. Ф. Применение цифровых технологий при строительстве объектов инфраструктуры // Урбанистика и перспективы развития строительной отрасли: материалы Южного урбанистического форума. Севастополь: СевГУ, 2025. С. 5-8.

УДК 004.42;003.26;378.016

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕМОНСТРАЦИИ РАБОТЫ АЛГОРИТМА ШИФРА КВАДРАТ ПОЛИБИЯ НА ЯЗЫКЕ JAVA

А. Ю. Пещеров, И. Ю. Бакалдин, И. Л. Сандлер, И. Г. Баканова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Шифрование и дешифрование информации представляют собой фундаментальные задачи современной криптографии, направленные на обеспечение конфиденциальности и защиты данных от несанкционированного доступа [1 - 3]. Алгоритм квадрата Полибия [1, 4], являющийся классическим методом симметричного шифрования, основан на замене символов исходного текста координатами, полученными посредством таблицы размером 5×5. Данный метод, впервые предложенный древнегреческим ученым Полибием, сохраняет актуальность ввиду своей простоты реализации и наглядности, что делает его удобным инструментом для изучения базовых принципов шифрования и анализа криптографической устойчивости.

В данной работе предлагается разработка программного обеспечения для демонстрации работы алгоритма шифра квадрата Полибия на языке Java, которое, в отличие от реализации на языке Python представленное в работе [4], включает графический интерфейс пользователя, что дает наглядность и удобство взаимодействия с алгоритмом, и как следствие, способствует более эффективному изучению и визуализации процессов шифрования/дешифрования расширяя возможности применения в образовательных и исследовательских целях.

Целью данной работы является разработка программной реализации алгоритма шифра квадрата Полибия на языке Java с поддержкой обработки символов латинского и кириллического алфавитов, а также создание графического интерфейса для наглядной демонстрации процессов шифрования и дешифрования, что позволит обеспечить удобство взаимодействия с пользователем и расширить возможности применения алгоритма при работе с текстами, содержащими многозначный символьный ввод.

В качестве математического аппарата алгоритма шифрования используется (квадрат Полибия [1, 4]) двумерная таблица размером $n \times n$ (обычно 5×5), в которой каждому символу алфавита ставится в соответствие уникальная пара координат (i, j) , где i – номер строки, а j – номер столбца.

Пусть алфавит содержит m символов, тогда каждому символу S_k (где $k = 1, 2, \dots, m$) соответствует пара соответствующих координат:

$$S_k \leftrightarrow (i, j), \text{ где } i = \left\lceil \frac{k}{n} \right\rceil, j = k - n(i - 1)$$

Процесс шифрования по алгоритму квадрат Полибия, заключается в замене символа S_k на пару чисел (i, j) , а при дешифровании соответствующие пары (i, j) восстанавливаются в символ S_k по формуле:

$$k = n(i - 1) + j$$

Более подробное рассмотрение математического аппарата алгоритма шифрования квадрата Полибия представлено в работах [4].

Для реализации алгоритма шифра квадрата Полибия был выбран язык программирования Java [5 - 7], обладающий высокой кроссплатформенностью, развитой объектно-ориентированной архитектурой и широким набором встроенных библиотек, что обеспечивает удобство разработки и поддержку масштабируемости проекта.

```

123 // =====
124 private String encrypt(String text, int shift) {
125     StringBuilder sb = new StringBuilder(text.length());
126
127     for (int k = 0; k < text.length(); k++) {
128         char c = text.charAt(k);
129         char lower = Character.toLowerCase(c);
130
131         // 1) Проверяем, является ли символ латинским
132         if (Character.isLetter(c)) {
133             sb.append(shiftChar(c, lower, isUpperCase(c), shift));
134         } else if (Character.isDigit(c)) {
135             sb.append(shiftChar(c, lower, false, shift));
136         } else {
137             sb.append(c);
138         }
139     }
140     return sb.toString();
141 }
142
143 // =====
144 private char shiftChar(char original, char lower,
145                        boolean isUpperCase, int shift) {
146     int idx = Character.toLowerCase(original) - 'a';
147     int row = idx / 5;
148     int col = idx % 5;
149
150     int newRow = (row + shift) % 5;
151     int newCol = (col + shift) % 5;
152     int newIndex = newRow * 5 + newCol;
153
154     char letter = Character.toLowerCase(original);
155
156     // =====
157     return Character.toUpperCase(letter) ? Character.toUpperCase(letter) : letter;
158 }
159
160 // =====
161 private static int mod(int a, int n) {
162     int r = a % n;
163     return (r < 0) ? r + n : r;
164 }
165
166 // =====
167 public static void main(String[] args) {
168     String input = "PolibiusSquare";
169     new PolybiusSquare().setVisible(true);
170 }

```

Рис. 1. Фрагмент программной реализации, демонстрирующий основную логику работы программы

Программа, фрагмент демонстрирующий основную логику работы программы, который представлен на рисунке 1, корректно обрабатывает тексты, содержащие символы как латинского, так и кириллического алфавитов, учитывая, при этом, как заглавные, так и строчные буквы. Отличительной особенностью является то, что сохранены исходные знаки препинания, пробелы и цифры без изменений, что позволяет сохранять структуру и читаемость текста после процесса шифрования и дешифрования. Такая реализация обеспечивает универсальность использования алгоритма при работе с многоязычными текстами и разнообразными форматами ввода.

Краткое описание реализации программного кода. Для реализации алгоритма шифрования квадрата Полибия в данной работе были использованы стандартные библиотеки языка программирования Java, включая `javax.swing`, `javax.swing.border`, `java.util.HashMap` и `java.awt`, назначение которых, заключается в организации и управлении графическим пользовательским интерфейсом (GUI), что в свою очередь позволяет обеспечить удобство и интерактивность взаимодействия пользователя с приложением [6, 7].

В процессе разработки ПО были сформированы два отдельных списка символов соответствующих алфавитов (кириллический и латинский). Такой подход позволяет корректно обрабатывать тексты на разных языках и учитывать специфику каждого из алфавитов при шифровании/дешифровании.

Основная часть программного кода включает в себя реализацию пользовательского интерфейса, объединяющего все элементы взаимодействия, а также блок с логикой алгоритма шифрования/дешифрования. Интерфейс, представленный на рисунке 2, содержит элементы управления, такие как поле для ввода исходного текста, поле для задания значения сдвига, кнопки запуска процессов шифрования/дешифрования, а также область отображения результата, что обеспечивает интуитивно понятное взаимодействие пользователя с приложением, а также наглядную демонстрацию работы алгоритма.

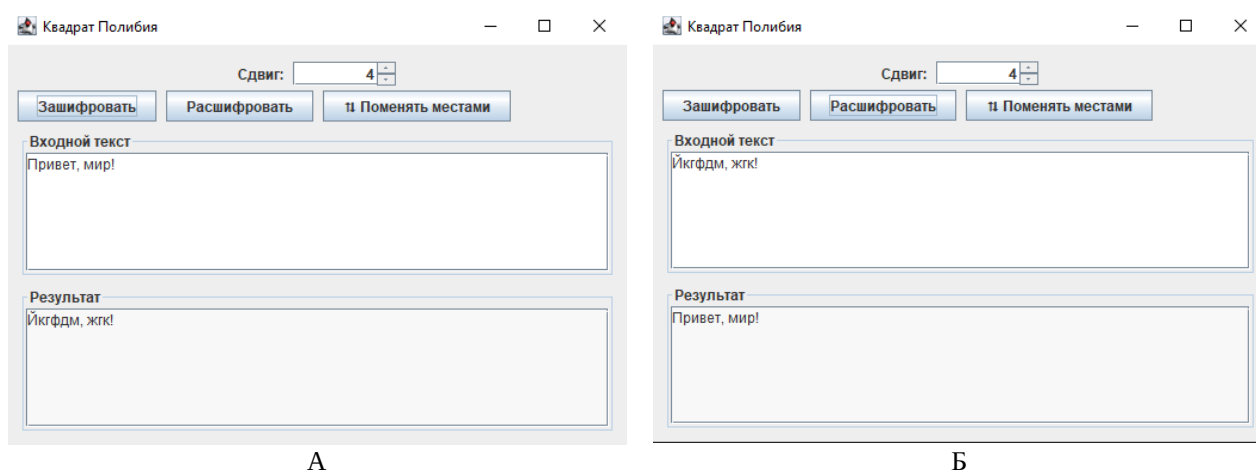


Рис. 2. Результаты работы программного обеспечения: «А» – шифрование синтеза латинской и кириллической графики; «Б» – дешифрования синтеза латинской и кириллической графики

Таким образом, итогом работы программы является графический интерфейс, позволяющий пользователю вводить текст, задавать параметры шифрования и получать результат в удобной и визуально структурированной форме.

Предложенная реализация шифра квадрата Полибия с поддержкой латинского и кириллического алфавитов представляет собой эффективный пример символьного шифрования, который может быть использован в образовательных целях как на уроках в школах, так и в практических занятиях в высших учебных заведениях. Благодаря своей простоте и наглядности, разработанная программа способствует глубокому пониманию принципов работы алгоритма шифрования квадрата Полибия. Реализация на языке Java предоставляет надежную и удобную альтернативу существующим решениям, выполненным на языке Python [4], расширяя возможности применения данного алгоритма в различных программных средах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Родных, С. С. Шифр «квадрат Полибия» / С. С. Родных, С. В. Корнев // Некоторые вопросы анализа, алгебры, геометрии и математического образования. 2016. № 4. С. 163-165. EDN YUBIND.
- 2 Криптографические методы защиты информации. Типы шифрования, использование методов и внутренняя структура / П. М. Урвачев, А. А. Ковтун, Я. О. Рокотянский, А. В. Алешина // Актуальные исследования. 2022. № 46-1(125). С. 17-23. EDN UNIZHY.
- 3 Петрикова, А. В. Методическая разработка урока по теме «шифр Цезаря, шифр Гронсфелда, аффинный шифр» / А. В. Петрикова // Актуальные проблемы методики обучения информатике и математике в современной школе : Материалы международной научно-практической интернет-конференции, Москва, 22–26 апреля 2024 года. Москва: Московский педагогический государственный университет, 2024. С. 572-582. EDN WSINAA.
- 4 Кирсанов, С. А. Программная реализация алгоритма шифра квадрат Цезаря с поддержкой латинского и кириллического алфавитов на языке Python / С. А. Кирсанов, Р. Е. Квасков, Д. В. Иванов // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 04 апреля 2025 года. Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. С. 36-41. EDN BETZMP.

- 5 Кожомбердиева, Г. И. Программирование на языке Java: создание графического интерфейса пользователя : учебное пособие / Г. И. Кожомбердиева, М. И. Гарина ; Г.И. Кожомбердиева, М.И. Гарина. Санкт-Петербург : Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2012. 67 с. ISBN 978-5-7641-0402-7. EDN TASMJB.
- 6 Герберт Шилдт Java. Полное Руководство: Учебное пособие: Издательство Диалектика, 2023. 1344 с. ISBN 978-5-907458-86-4.
- 7 Машнин Т. С. Графические интерфейсы пользователя JAVA: учебное пособие: Издательство Ridero, 2024 – 686 с. ISBN: 978-5-0050-2742-9.

УДК 316.422.44

ПЕРСПЕКТИВЫ АДАПТАЦИИ И РАЗВИТИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

С. В. Подчишинский

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Оценка перспектив развития и адаптации специализированного программного обеспечения на железной дороге и предложение методов возможного решения поставленных задач с точки зрения модернизации и адаптации существующих сервисов и программ.

На железной дороге применяется огромный спектр программ различного назначения. Одни сетевые продукты помогают диспетчерам и аналитикам оценивать и организовывать слаженное движение поездов. Другие сервисы направлены на удобство пассажиров и их комфорт в дороге.

Кроме того, существуют программы направленные на проектирование инфраструктуры предприятия и исследование условий эксплуатации. К подобным программам относятся: КОРТЭС, Планета НСИ, Аврора, Авакор, Эффект и многие другие. На данный момент подобных программ и подсистем около 400 и это только в ведомстве РЖД. Они крайне полезны и, во многом, облегчают работу тысяч сотрудников компании и жизнь миллионов ее клиентов.

Однако, пользователи сталкиваются с неотзывчивостью, неинтуитивностью и общим неудобством некоторых подобных сервисов. Это происходит из-за того, что часть подобных сервисов являются специфическими и не общедоступными. В большинстве своем это рабочие программы и сервисы управления. Замкнутость подобных разработок приводит к тому, что их программное обеспечение не обновляют и длительное время не совершенствуют. В итоге, функционал сетевых продуктов остается ограниченным и их эффективность снижается с ходом времени. Они работают, но постепенно перестают быть актуальными и функциональными на современных компьютерных системах, в то время как замены многим сетевым продуктам, так и не было разработано. Но было бы нецелесообразно забрасывать доказавшие свою эффективность программы и сервисы. Нынешние технологии позволяют улучшить и оптимизировать их под современные реалии.

Основными методами решения данной проблемы можно назвать адаптацию и обновление рабочих программ для новых операционных и фактических ядер современных компьютерных систем.

Адаптация пользовательского интерфейса сетевых сервисов и сайтов компании может дать конкретный положительный эффект:

1. Сократит затраты на эксплуатацию за счёт сокращения невостребованного функционала: в большинстве нынешних коммерческих и технических систем, только около 5 % функций сервисов применяется пользователями 95 % всего времени. Важно отметить, что фактически примерно 75 % выстроенного функционала и интерфейса не применяется вовсе или же используется крайне редко [1: 3].
2. Обеспечит эффективность использования программы и рост продаж через сеть: удобство эксплуатации – один из важнейших элементов в успехе сервиса. Исходя из анализа запросов пользователей программ массового сектора было установлено, что удобство и легкость применения являются основополагающими факторами при выборе программного обеспечения для работы и обучения [2: 3].
3. Увеличит вероятность благополучной интеграции программы/сервиса компании в рабочую среду: перед запуском сайта EuroClix был проведен эксперимент с привлечением конечных пользователей. За первые полгода работы более 40 000 пользователей сети решили

зарегистрироваться на этом сайте. Эксперимент показал, что в случае верного, быстрого и интуитивно понятного предоставления информации конечный пользователь будет проявлять значительно больше доверия сайту [3: 3].

В свою очередь, обновление функциональных программ и сервисов для современных компьютерных систем позволит:

1. Сократить затраты времени и увеличить производительность труда: пользовательский интерфейс новых внедряемых сетевых продуктов, в среднем, содержит в себе до 40 различных ошибок. Устранение наиболее явных из них улучшает пользовательский опыт на более чем 50 %. Однако, наилучший результат достигается при полном исправлении и оптимизации программного интерфейса. В таком случае эффективность возрастает, приблизительно, на 700 % [4: 3].
2. Изначальное уменьшение количества ошибок сотрудников, вместо последующего их исправления.
3. Сокращение оттока высококвалифицированных кадров за счёт удовлетворения от работы: Совпадение потребностей работника и возможностей рабочей системы значительно повышает удовлетворение от работы и продуктивность работника. В 1992 году Gartner Group провела исследование удобства использования собственного программного обеспечения, оно показало, что удобство интерфейса повышает удовлетворение пользователя от него на 50 % и способствует более продуктивному рабочему процессу [5: 3].

Стоит упомянуть, что пользователи часто сталкиваются с подобными проблемами не только при эксплуатации программ, но и при работе с сайтами и информационными базами данных.

В качестве примера, рассмотрим оформление пользовательских интерфейсов официальных сайтов учебных заведений. Студенты и преподаватели университета могут найти на этом сайте расписание занятий, мероприятий и иную важную информацию. Но многие сталкиваются со сложностями в нахождении необходимой ссылки на информацию. Они вынуждены пользоваться поиском по сайту, либо блуждать по интерфейсу, пока окончательно не потеряются в представленном многообразии вкладок и статей данных. Для надлежащего удобства пользователей и облегчения поиска важной информации, имеет смысл выставить подобную общую и важную информацию в отдельный реестр с удобным доступом к нему.

В качестве примера обновления и модернизации функционала пользовательского интерфейса технической программы можно рассмотреть программный комплекс КОРТЭС. В процессе исследования, в его интерфейсе было обнаружено несколько технических недоработок, осложняющих взаимодействие с данной программой.

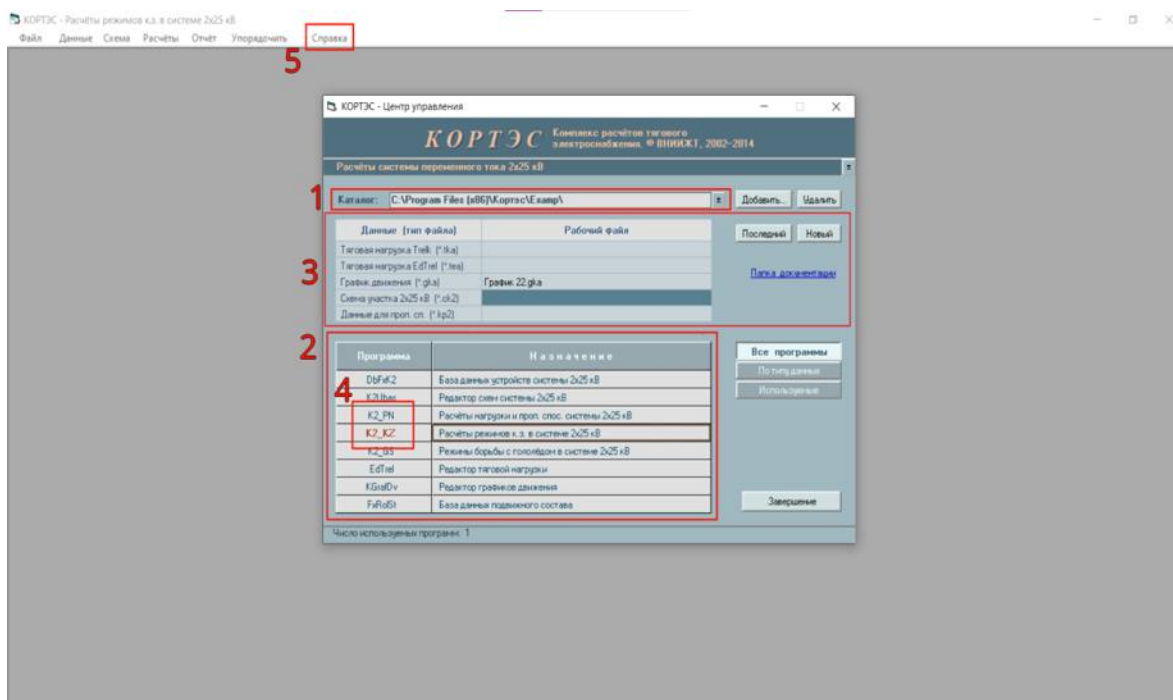


Рис. 1. Рабочий интерфейс КОРТЭС

При изучении недоработок интерфейса программного комплекса было рассмотрено несколько методов решения для самых заметных и явных из них:

1. Директория каталога (Зона 1) занимает слишком много пространства рабочего окна. Решением этой проблемы может стать замена данного элемента на небольшую иконку с изображением раскрытой папки.



Рис. 2. Изображение раскрытой папки

2. Окно доступных подпрограмм КОРТЭС (Зона 2) является основным рабочим полем программы и ему следовало бы выделить больше пространства на рабочем окне. Этого можно добиться за счет вынесения в отдельный виджет дополнительной информации о документации (Зона 3).

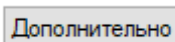


Рис. 3. Пример виджета для дополнительной информации

3. Подпрограмма не прекращает работу после закрытия ее рабочего окна (Зона 4), что приводит к повышенному потреблению мощностей устройства. Этого можно избежать, обеспечив автоматическое прекращение работы с конкретной подпрограммой при возникновении ошибки ее запуска или при окончании работы с ней.
4. В окне редактора схем, системная функция «Справка» всегда остается в неактивном состоянии и недоступна для взаимодействия (Зона 5). Решением может стать упразднение этой функции в окне редактора схем, либо внесение необходимой справочной информации для работы с данной подпрограммой комплекса.

Также, важно отметить устаревание интерфейса программы. С течением времени, оформление интерфейсов операционных систем претерпевало значительные изменения, вследствие чего, текущая визуальная составляющая КОРТЭС выглядит инородно и вызывает дискомфорт при взаимодействии с программой, что влияет на концентрацию пользователя на текущих задачах. В качестве решения можно предложить адаптацию визуальной составляющей комплекса под реалии современных операционных систем. Что благотворно повлияет на освоение программы новыми пользователями.

Внесение позитивных изменений в оформление сайтов учебных заведений, РЖД и сервисов коммерческой сферы, позволит увеличить удобство их использования и облегчить соискателям поиск необходимой информации на платформе: найти необходимые для оформления документы, информацию по преподавательскому составу, расписания занятий и проводимых работ и многое другое.

Оптимизация рабочего пространства сайтов позволит минимизировать затраты на их содержание. Минимизация и интуитивизация информации, располагаемой на страницах сайтов, позволит преподавать большее количество данных, ссылок и уведомлений без необходимости перехода на иные страницы сервисов и сайтов.

Адаптация пользовательского интерфейса для работы и обучения, позволит увеличить удобство использования, понимания и хранения рабочих и учебных данных этих сервисов без необходимости использования различных модулей системы и каталогизации различных комплексов данных на разных носителях и хранилищах. Это позволит ускорить работу программ данной сферы, увеличить продуктивность работы с данными сетевыми продуктами и уменьшить время на открытие различных каталогов и поиск нужного модуля для продолжения рабочего процесса в ином модуле общей программы.

Стоит обратить внимание, что подобные изменения благотворно повлияют на качество обучения новых кадров с использованием подобных сетевых продуктов, так как подобное эффективное оформление учебного пространства благотворно скажется на эффективности учебного процесса.

На основании приложенных примеров и методов решения, озвученной выше, задачи можно сделать вывод, что оптимизация и повышение эффективности систем пользовательского, технического и рабочего сегментов приводит к продуктивному использованию технических систем, сервисов и программ рабочего и коммерческого уровня. При этом, подобные изменения повысят удобство пользования не только для рабочего персонала, но и для обучающихся в учебных заведениях, а также привлечет сторонних потребителей сервисов и программно-сетевых продуктов компании. В то же время, подобные изменения не потребуют капитальных вложений из бюджета компании, но способны дать конкретные трудовые и экономические положительные результаты в функциональном и денежном

эквиваленте. Крайне важно упомянуть, что здесь указаны лишь самые заметные проблемы огромного пласта программного обеспечения не только сервисов ЖД сферы, но и большинства программ используемых пользователями по всему миру и в самых разных областях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Научный журнал «HFI». URL: <https://www.humanfactors.com> (дата обращения: 09.10.2025).
- 2 Информационная база данных «Bstudy». URL: <https://bstudy.net> (дата обращения: 09.10.2025).
- 3 Электронный Научный журнал «SimpleOne». URL: <https://simpleone.ru> (дата обращения: 09.10.2025).
- 4 Школа анализа и проектирования информационных систем «Systems Education». URL: <https://systems.education.ru> (дата обращения: 09.10.2025).
- 5 Исследовательская компания «Gartner». URL: <https://gartner.com> (дата обращения: 09.10.2025).

УДК 004

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ЛОГИСТИЧЕСКИХ СКЛАДАХ

Е. А. Семигулин, Э. С. Сутормина

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. В нынешних условиях стремительного развития электронной коммерции, роста требований к скорости доставки и ужесточения конкуренции, эффективность складских операций становится критически важной для логистических компаний. Информационные технологии предоставляют инструменты для трансформации «тёмных зон» склада – мест, где процессы не видны, – в управляемые и оптимизируемые системы. Актуальность темы подчеркивается тем, что компании, инвестирующие в автоматизацию складских процессов, получают значительные конкурентные преимущества: снижение операционных затрат, минимизацию ошибок, повышение прозрачности и гибкости операций. К 2025 году рынок ИТ-решений для логистики демонстрирует устойчивый рост; в частности, российская отрасль сталкивается с необходимостью ускоренного внедрения цифровых инструментов под влиянием законодательных изменений, таких как закон № 140-ФЗ о регистрации экспедиторов и вынужденной цифровизации в цепях поставок [1][2].

Целью настоящего исследования является не просто теоретический анализ технологий, но и создание рабочего прототипа графической программы, способной принимать заявку на разгрузку/выгрузку и строить оптимальный маршрут внутри склада с учетом препятствий и ограничений. Для достижения этой цели поставлены следующие задачи: собрать и систематизировать новейшие данные о применении ИТ в складской логистике, особенно в 2024–2025 годах; выделить виды технологий, применимые непосредственно на складах, и оценить их преимущества и недостатки; разработать математическую модель склада и маршрутной задачи; реализовать прототип с визуализацией маршрутов и протестировать его на модельных данных; проанализировать результаты и предложить пути дальнейшего развития. Объектом исследования является логистический склад со всеми его операциями – приёмка, распределение, отбор, перемещение внутри склада – а предметом исследования являются информационные технологии и алгоритмы, обеспечивающие оптимальное планирование маршрутов внутри склада и управление потоками внутри.

Информационные технологии в логистике, где они применяются и для чего используются. Информационные технологии в логистике – это совокупность аппаратно-программных средств, коммуникационных систем, аналитических модулей и алгоритмов, призванных обеспечивать сбор, передачу, хранение и обработку данных, необходимых для управления цепями поставок. Эта инфраструктура позволяет превращать операции, которые раньше выполнялись вручную и «на глаз», в прозрачные, контролируемые и адаптивные процессы.

В логистике ИТ используются на самых разных уровнях: управление цепью поставок, транспортом, складом, аналитика и прогнозирование, интеграция между участниками цепи, мониторинг и контроль. На складах они обеспечивают автоматизацию приёмки товара, идентификацию с помощью штрихкодов / RFID-меток, контроль состояния через IoT-сенсоры, управление задачами операторов, маршрутизацию внутри склада, а также аналитический и прогностический функционал.

Пример применения: крупный ритейлер внедряет систему WMS, интегрированную с IoT-сенсорами (температура, влажность) и автоматизированными лентами, что позволяет не только точно размещать и

перемещать товары, но и в режиме реального времени корректировать маршруты отбора, предупреждать перегрузки узких проходов и прогнозировать пиковые нагрузки. Благодаря этому время обработки заказов сократилось на десятки процентов, а ошибки комплектовки снизились до долей процента.

С течением времени в логистике появляются более продвинутые направления: цифровые двойники (Digital Twins) складов и цепочек поставок, которые позволяют моделировать и имитировать процессы в виртуальной среде, тестировать изменения без вмешательства в реальный склад; применение машинного обучения и ИИ для прогнозирования потребностей, оптимизации маршрутов и контроля рисков; использование блокчейн-сетей для надежного обмена данными между участниками цепи и аудита операций. В 2025 году в обзорах логистических трендов особенно выделяют ИИ, Интернет вещей, автономные роботы, блокчейн и расширение облачных и гибридных платформ [3].

Виды информационных технологий на логистических складах. На складах применяются разнообразные технологии, каждая из которых имеет свои особенности, преимущества и ограничения. Ниже перечислены ключевые виды:

Штрихкоды и RFID / NFC – традиционные, но всё ещё базовые средства автоматической идентификации. Метки позволяют быстро считывать информацию о местоположении, номере партии, статусе продукта без ручного ввода. Это существенно ускоряет операции приёма, перемещения и инвентаризации. Ограничения: стоимость меток, необходимость инфраструктуры считывания, погрешности при многопоточном считывании, помехи.

IoT-сенсоры и сети мониторинга – датчики температуры, влажности, вибрации, освещённости, положения грузов, веса и др. Эти устройства позволяют контролировать жизненно важные параметры товаров и условий хранения, а также отслеживать движение техники и груза в режиме реального времени. В крупных складах IoT-сети становятся “нервной системой” склада. Но недостатки тоже есть: энергозависимость устройств, помехи беспроводной связи, необходимость устойчивой инфраструктуры, вопросы надёжности.

WMS (Warehouse Management Systems) – ядро большинства современных складов. WMS-системы проводят адресное хранение, распределяют задания операторам, отслеживают статус грузов, управляют задачами отбора, интегрируются с ERP и TMS. Современные WMS всё чаще включают модули ИИ, аналитику, прогнозирование и маршрутизацию. Однако в условиях автоматизации и гибридных систем некоторые WMS испытывают трудности: как показывает отчёт STIQ 2024, некоторые решения “не дотягивают” до роли WES (Warehouse Execution System) при высокой степени роботизации [5].

Графовые структуры и оптимизационные алгоритмы – склад часто представляют в виде графа (узлы и рёбра), где узлы – это ключевые точки (стеллажи, перекрёстки, ворота), а рёбра – допустимые пути между ними с весами (расстояние, время, ограничение). Исследование из MDPi анализировало применение алгоритма Floyd–Warshall и методов динамического программирования для внутрискладской маршрутизации, выявляя значительную разницу при росте числа узлов [6].

Кластеризация и GPU-ускоренное маршрутизирование – в исследовании 2025 года предложен метод, где склад представлен как динамический граф, элементы товарных потоков группируются в «компактные области», а маршруты рассчитываются с помощью параллельных алгоритмов, ускоренных на GPU, что обеспечивает масштабируемость при больших размерах склада [7].

Интеграционные технологии и API / облачные платформы – WMS, ERP, TMC, внешние системы обмена должны взаимодействовать через API и микро-сервисы. Облачные решения дают возможность централизованного управления, удалённого мониторинга и масштабирования. В российских WMS-трендах отмечается растущая ориентация на встроенные облачные модули и гибридные архитектуры [8].

Каждая из технологий имеет своё применение и целесообразность, и успешность внедрения часто зависит не от “модности”, а от соответствия конкретным задачам склада, бюджету, инфраструктуре и компетенциям команды.

Преимущества и недостатки информационных технологий на логистических складах. Внедрение информационных технологий на складах даёт значимые преимущества, но сопряжено и с рисками, которые нужно учитывать при планировании.

Среди преимуществ стоит выделить следующие:

- существенное снижение ошибок за счёт автоматизации, устранение ручного ввода, проверок на соответствие;
- ускорение операций: приёмка, размещение, отбор, отгрузка происходят быстрее;
- оптимизация маршрутов: минимизация пройденных расстояний, времени, снижение загрузки путей;
- эффективное использование площади склада и ресурсов: минимизация пустых зон, оптимизация плотности хранения;

- интеграция с внешними системами: автоматический обмен заказами, управление на стыке цепочек поставок.

Тем не менее, существуют и серьезные недостатки и ограничения:

- высокие затраты на внедрение и поддержку (оборудование, лицензии, инфраструктура, обучение);
- сложности интеграции (несовместимость старых систем, отсутствие стандартов, необходимость доработок);
- сопротивление персонала: люди могут быть не готовы работать с новыми интерфейсами, менять привычки;
- риски отказов оборудования и сбоев (сенсоры, сети, роботы подвержены поломкам);
- проблемы безопасности и защиты данных: iot-сети, api-каналы – потенциальные уязвимости.

Также важно понимать, что внедрение ИТ не гарантирует автоматическую пользу: нужно проводить пилотные проекты, оценивать окупаемость, сопровождать изменения культурой и управлением изменений. В обзорах отрасли подчеркивается: не всё трендовое – полезно, и проекты без четкого бизнес-кейса часто оказываются «электронным мусором» [4].

Практическая часть. Для формализации складской логистики было создано приложение, для поиска оптимального перемещения по складу. Оно включает:

- конфигуратор (на основе json) для описания склада и заявок;
- оптимизационный алгоритм, распределяющий грузы между зонами;
- визуальный симулятор, где погрузчики выполняют задания, показывая работу системы в реальном времени.

Такой подход позволяет гибко тестировать сценарии, совершенствовать алгоритмы и наглядно демонстрировать эффективность решений.

Заявка и конфигурация описываются единым JSON-файлом. В нем фиксируются размеры и дискретность сетки склада, перечень источников с их координатами и запасами, перечень полок/назначений с координатами и потребностями, а также состав парка машин с их визуальными атрибутами. Этот формат принципиально важен: он дает возможность быстро менять сценарии под задачу без доработок кода – достаточно скорректировать файл (например, увеличить спрос на конкретной полке, добавить новую зону погрузки, изменить размеры склада или количество машин), после чего приложение автоматически загрузит изменения при старте. Кроме того, предусмотрена автоматическая балансировка заявки: если суммарный запас не совпадает с суммарным спросом, система добавляет “фиктивный” источник или назначение, чтобы корректно решать задачу без ручных правок.

Математическая постановка решателя строится на минимизации суммарной стоимости перевозок, где стоимостью служит манхэттенское расстояние на сетке между зоной и полкой. В текущей версии применяется метод назначения на “развернутой” матрице единичных потоков: каждый условный груз рассматривается как отдельная единица потока, что позволяет получить прозрачное распределение “единица-в-единицу” между источниками и назначениями. Далее маршрутные пары агрегируются, а сама симуляция уже оперирует конкретными единичными задачами перемещения. Для демонстрации эффекта оптимизации дополнительно считается наивное решение (упрощенное последовательное распределение), с которым сравнивается итоговая “стоимость”, что дает количественную оценку выигрыша от оптимизации.

Слой визуальной симуляции воспроизводит работу трех машин, у каждой из которых своя очередь задач. Машины стартуют с разных исходных позиций, поочередно берут задачи из очереди, едут к источнику, выполняют загрузку, следуют к назначению, выполняют разгрузку и при необходимости возвращаются на базу. Отрисовывается сетка склада с зонами и полками, показываются их остатки и потребности, тонкими линиями визуализируются оптимальные маршруты из решателя, а яркими цветными траекториями – активные маршруты машин с указателями направления. Для реализма добавлены индикаторы прогресса загрузки и разгрузки, “следы” движения, сглаженное избегание столкновений при сближении машин и отдельный учет времени: собственно движения, объездов и обслуживания (погрузка/разгрузка). Справа располагается информационная панель, где в динамике видны ключевые метрики: оптимальная и наивная стоимость, их разница и проценты экономии, текущее время симуляции, доли фаз по времени, статусы машин, количество выполненных и оставшихся задач, а также агрегированные показатели. Пример визуальной слоя визуальной симуляции продемонстрирован на рисунке 1 ниже:

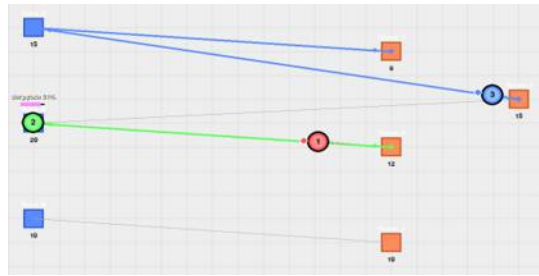


Рис. 1. Демонстрация слоя визуальной симуляции

Особый акцент сделан на интерактивности: скорость симуляции можно менять в реальном времени как горячими клавишами (ускорение/замедление), так и с помощью слайдера на панели. Пауза и перезапуск доступны мгновенно, а сама панель прокручивается колесом мыши, что удобно для мониторинга больших сценариев. Это дает два практических эффекта: во-первых, можно быстро “промотать” однотипные участки, сосредоточившись на важных моментах; во-вторых, появляется возможность на лету адаптировать темп визуализации под задачи анализа, обучения или презентации. На рисунках 2.1-2.2 представлен интерактивный интерфейс:

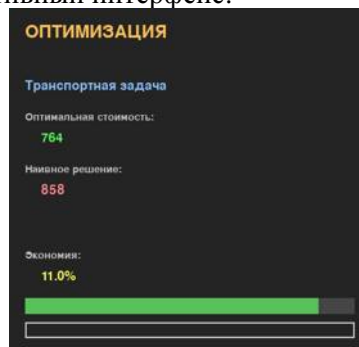


Рис. 2.1 Демонстрация панели с результатами оптимизации

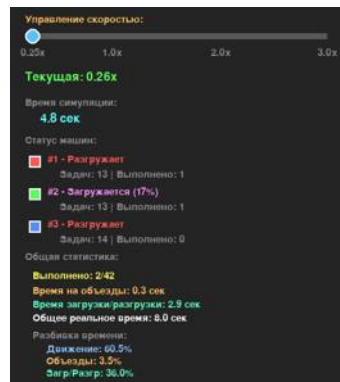


Рис. 2.2 Демонстрация панели со статистикой симуляции

Функционально система охватывает полный цикл: загрузка заявки из JSON, балансировка, расчет распределения потоков с подсчетом оптимальной и наивной стоимости, агрегирование маршрутов, формирование единичных задач для симуляции, отрисовка складской сцены, проигрывание логики трех машин с управлением состояниями, визуализация прогресса и метрик, управление симуляцией в реальном времени и сбор итоговой статистики, включая разбивки по типам затрат времени. Все параметры сценария – от геометрии склада до состава парка и профилей спроса/запасов – меняются без вмешательства в код и подгружаются при запуске.

При этом важно подчеркнуть: текущий способ нахождения “оптимального пути” не является окончательно оптимальным для многоагентной динамической логистики.

Список направлений развития достаточно широк и четко очерчен. На уровне классической транспортной задачи стоит перейти к методам минимальной стоимости потока с целочисленностью и улучшенной инициализацией (например, метод Фогеля, метод потенциалов), что даст более стабильные и масштабируемые решения. На уровне маршрутизации и расписания – внедрить эвристики и точные методы задач VRP/VRPTW (включая локальный поиск 2-opt/3-opt, savings-алгоритмы, гибридные подходы с MILP/CP-SAT), а также динамическое переназначение задач прямо во время симуляции по

событиям. Для безопасного многороботного движения по сетке – использовать алгоритмы с резервированием ячеек по времени и конфликтно-ориентированное планирование (CBS), чтобы исключить взаимные блокировки и неоптимальные объезды. Отдельным треком стоит развивать мультикритериальную оптимизацию (совмещение времени, рисков, приоритетов, эксплуатационных затрат) и повышать производительность за счет кэширования расстояний, батчинга, перепланирования на лету и ускорений на уровне низкоуровневых вычислений.

С точки зрения позиционирования продукт уже сейчас выступает как удобная платформа для демонстрации и отладки внутрискладских сценариев, а по мере наращивания алгоритмов планирования и статистического анализа может стать сильным отечественным аналогом современным зарубежным инструментам типа AnyLogic. Архитектура приложения, отвечающая базовым принципам SOLID, позволяющая постепенно расширять функциональность без ломки базовых принципов, адаптируя систему к реальным требованиям отрасли.

В итоге получился фундамент: воспроизводимая постановка задачи, гибкий ввод, базовый, но работающий решатель, наглядная симуляция в реальном времени и богатая панель метрик. Это уже полезно для обучения и быстрой валидации гипотез, а переход к продвинутым методам оптимизации и маршрутизации превратит продукт в практический инструмент уровня промышленных платформ, сохраняя при этом открытость, прозрачность и адаптируемость под конкретные задачи заказчика.

Заключение. В ходе этого доклада мы рассмотрели актуальность цифровых технологий в логистике складов, подробно изучили виды ИТ-решений, применимых на складах, и оценили их сильные и слабые стороны. Теоретическая часть дала фундамент, на котором была основана практическая работа – создание прототипа графической программы маршрутизации внутри склада. Прототип демонстрирует, как по заявке можно построить оптимальный путь с визуализацией и обходом препятствий. Тестирование выявляет, где алгоритм работает хорошо, а где требуются улучшения. В перспективе такой прототип можно расширить в полнофункциональную систему, интегрируемую с реальными WMS и сенсорной инфраструктурой, с поддержкой нескольких задач, динамического перераспределения маршрутов и продвинутой аналитикой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Технологии ИТ-логистики в России в 2025 году: глубокая цифровая трансформация грузоперевозок / Москва, 05.09.2025. URL: https://www.megaresearch.ru/new_reality/tehnologii-it-logistiki-v-rossii-v-2025-godu-glubokaya-cifrovaya-transformaciya-gruzoperevozok?utm_source=chatgpt.com
- 2 Федеральный закон от 07.06.2025 N 140-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О транспортно-экспедиционной деятельности» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» / Москва, 07.06.2025 . URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_507282/ad890e68b83c920baeae9bb9fdc9b94feb1af0ad/
- 3 10 новых технологий в секторе логистики в 2025 году / Мичиган, 17.01.2025. URL: https://www.logos3pl.com/ru/blog/10-emerging-technologies-in-the-logistics-sector-in-2025/?utm_source=chatgpt.com
- 4 Не только тратить: какие ИТ-решения действительно нужны логистике в 2025 году / Москва, 01.09.2025. URL: https://new-retail.ru/tehnologii/ne_tolko_tratit_kakie_it_resheniya_deystvitelno_nuzhny_logistike_v_2025_godu/?utm_source=chatgpt.com
- 5 WAREHOUSE MANAGEMENT SOFTWARE 202 / Великобритания, 09.2024. URL: https://matthewsautomation.com/wp-content/uploads/2015/12/STIQ-2024-WMS-MARKET-REPORT-v1.1.pdf?utm_source=chatgpt.com
- 6 Modelling the Shortest Path for Inner Warehouse Travelling Using the Floyd–Warshall Algorithm / Швейцария, 29.08.2025. URL: https://www.mdpi.com/2227-7390/12/17/2698?utm_source=chatgpt.com
- 7 Warehouse storage and retrieval optimization via clustering, dynamic systems modeling, and GPU-accelerated routing / США, 29.08.2205. URL: https://arxiv.org/abs/2504.20655?utm_source=chatgpt.com
- 8 Технологические аспекты развития российских WMS-систем к началу 2025 года / Москва, 11.01.2025. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Технологические_аспекты_развития_российских_WMS-систем_к_началу_2025_года?utm_source=chatgpt.com

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИИ ПО В ОАО «РЖД»

А. В. Серова, Я. И. Никонова

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. В условиях глобальной трансформации цифрового ландшафта, а также санкционного давления, задача импортозамещения программного обеспечения (ПО) в Российской Федерации перешла из разряда стратегических перспектив в область насущной практической необходимости. При этом наблюдаемая практика реализации соответствующих проектов зачастую обозначается подходом «как есть», при котором существующие, нередко субоптимальные, бизнес-процессы мигрируют на новую ИТ-платформу в неизменном виде [1].

В рамках компании ОАО «РЖД» подобный подход таит в себе значительные системные риски. Во-первых, он консервирует переходящие операционные неэффективности, а именно, избыточная трудоемкость, длительные циклы согласований и дублирование функций, не позволяя раскрыть потенциал современных отечественных ИТ-решений. Во-вторых, специфика сквозных процессов РЖД, таких как, «Управление перевозочным процессом» или «Техническое обслуживание подвижного состава», требует глубокой интеграции между различными службами и системами. Простой перенос «как есть» без функционального перепроектирования усугубляет проблему «информационных разрывов» и не обеспечивает требуемого синергетического эффекта.

Именно поэтому, на первый план выходит проблема методологического обеспечения проектов импортозамещения в РЖД, которая заключается в отсутствии целостного подхода, связывающего стратегическое проектирование целевого, оптимизированного состояния сквозных бизнес-процессов с тактической спецификацией их реализации в новой отечественной ИТ-инфраструктуре.

Задачей настоящего исследования является разработка комплексной методики функционально-процессного моделирования и оценки эффективности, адаптированной для нужд РЖД и обеспечивающей сквозное проектирование изменений при миграции на отечественное ПО. Для достижения задачи предлагается применение инструментов моделирования, а именно методология IDEF0, которая используется для функционального проектирования «идеального» целевого сквозного процесса; язык UML же используется для формализации его реализации в новой ИТ-среде и последующего количественного анализа ключевых показателей эффективности, таких как длительность цикла, трудоемкость и уровень автоматизации. Данный подход позволяет до начала дорогостоящего внедрения не только спрогнозировать экономический эффект от трансформации процессов, но и минимизировать операционные риски, обеспечивая устойчивость и повышение надежности ключевых функций группы РЖД в переходных период.

Деятельность группы компаний РЖД характеризуется наличием масштабных, территориально-распределенных и технологически сложных сквозных бизнес-процессов. В контексте импортозамещения ПО можно выделить несколько наиболее критичных процессов (табл. 1).

Таблица 1

Ключевые сквозные процессы РЖД в контексте импортозамещения

Процесс	Основные подпроцессы	Зависимость от ПО	Риски при прямом переносе
Управление перевозочной работой	Прием заявок, планирование графика, диспетчерское управление, учет выполнения	Критическая	Нарушение графика движения, снижение пропускной способности
ТО и ремонт подвижного состава	Планирование ремонтов, учет ресурсов, управление запасами	Высокая	Простои подвижного состава, рост затрат на ремонт
Управление транспортно-логистическими услугами	Интеграция с партнерами, таможенное оформление, мультимодальные перевозки	Средне-высокая	Потеря клиентов, снижение качества сервиса

Прямой перенос бизнес-процессов на новые программные платформы сопряжен с системными рисками для РЖД:

- 1) операционные - сохранение неоптимальных алгоритмов планирования;

- 2) технологические - разрывы в интеграции между системами разных служб;
- 3) финансовые - отсутствие снижения операционных расходов;
- 4) репутационные - сбои в работе критических систем [2].

При этом анализ практики подготовки к импортозамещению в холдинге выявил методологические проблемы, а именно доминирование технического подхода, при котором фокус направлен на переносе данных без оптимизации бизнес-логики. Также, проблемой является отсутствие сквозного моделирования, что приводит к разрыву между бизнес-требованиями и IT-реализацией. Невозможность количественной оценки приводит к отсутствию инструментов прогнозирования эффекта от изменений (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительный анализ подходов к импортозамещению

Критерий	Традиционный подход	Предлагаемый подход
Цель	Техническая миграция	Бизнес-трансформация
Фокус	Совместимость интерфейсов	Оптимизация логики процессов
Результат	Сохранение текущих показателей	Рост операционной эффективности
Оценка эффекта	После внедрения	На этапе проектирования

Таким образом, специфика бизнес-процессов РЖД требует принципиально нового подхода к импортозамещению, рассматривающего его как проект бизнес-трансформации, а не просто технической миграции. Это обусловлено необходимостью одновременно достижения технологической независимости и повышения операционной эффективности холдинга [3].

Предлагаемый комплексный подход к оптимизации бизнес-процессов при импортозамещении ПО в ОАО «РЖД» основан на принципе последовательного моделирования - от стратегического проектирования целевого состояния бизнес-процессов до тактической реализации в конкретной отечественной IT-среде.

Для демонстрации практической реализации методики был рассмотрен процесс «Управление перевозочной работой» как наиболее критичный для деятельности холдинга. На данном этапе определяются границы процесса и его взаимодействие с внешней средой (рис. 1).

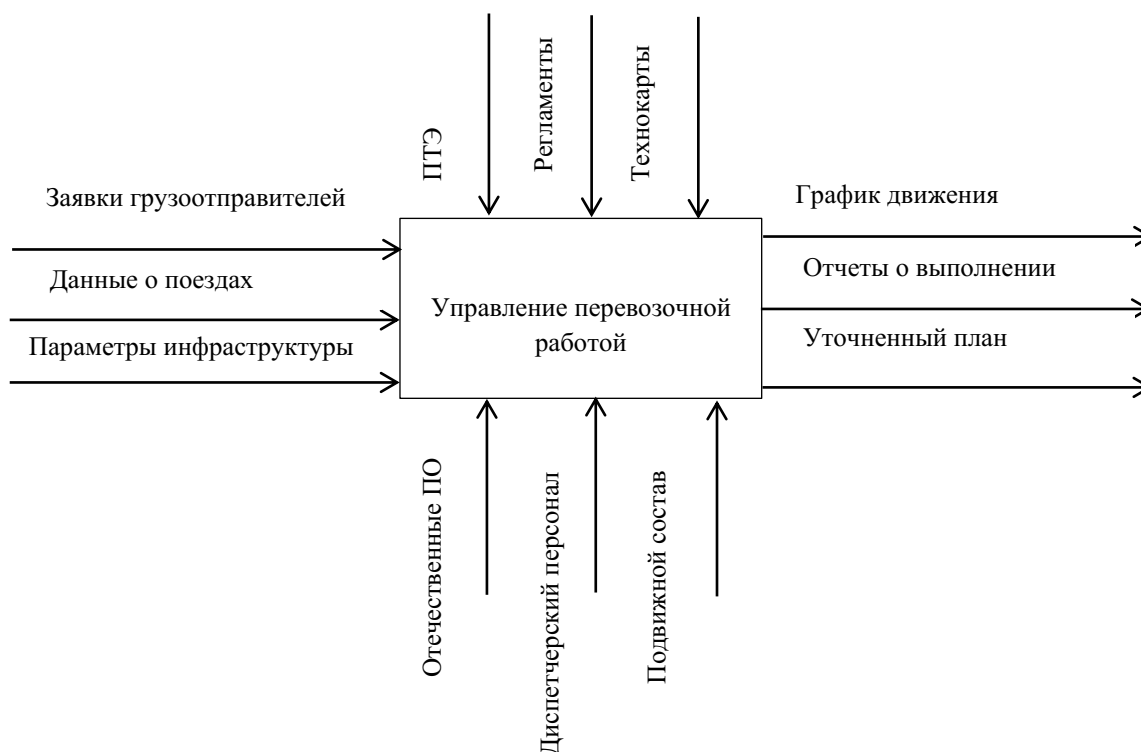


Рис. 1. Контекстный уровень А-0

Детализация контекстной функции позволяет выделить ключевые подпроцессы и их взаимосвязи (табл. 3).

Таблица 3

Декомпозиция процесса «Управление перевозочной работой»

Функция	Входы	Выходы	Управление	Механизмы
A1: Прием и валидация заявок	Заявки грузоотправителей	Валидированные заявки	Правила приемки заявок	Модуль валидации ПО
A2: Планирование нитки графика	Валидированные заявки, данные о поездах	Предварительный график	Нормативы планирования	Алгоритм оптимизации
A3: Оперативное диспетчерское управление	Утвержденный график, оперативные данные	Корректировки графика	Инструкции по оперативному управлению	Диспетчерский интерфейс
A4: Учет и анализ выполнения	Фактические данные выполнения	Отчеты, аналитические выкладки	Регламенты отчетности	Аналитический модуль

Для функции A2: Планирование нитки графика строится диаграмма вариантов использования, определяющая взаимодействие акторов с системой (рис. 2).

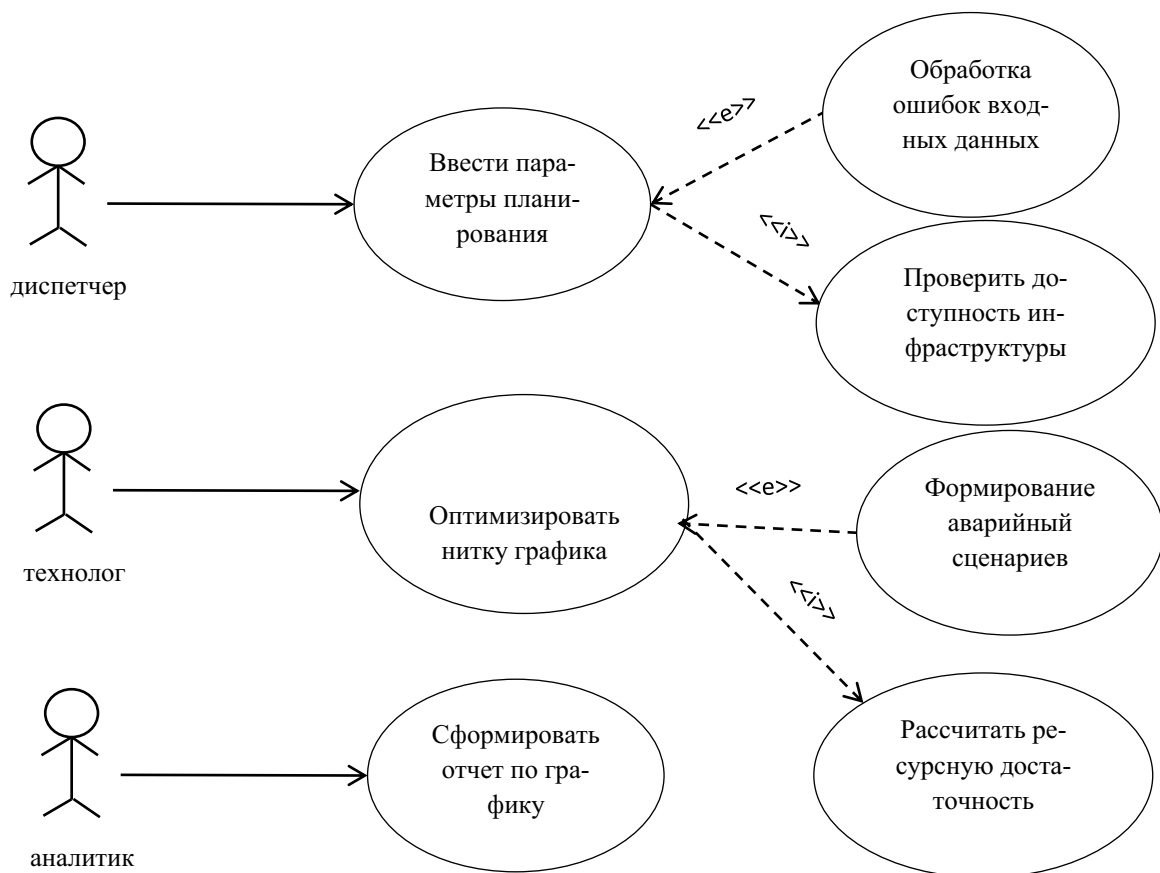


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования для процесса планирования

Моделирование динамических аспектов реализации бизнес-процесса требует перехода от статических моделей к описанию поведения системы во времени. Диаграмма последовательности детализирует временные аспекты взаимодействия участников процесса планирования перевозочной работы, демонстрируя поэтапный обмен сообщениями между основными участниками. Диаграмма последовательности обеспечивает детальное представление о временной координации взаимодействий между участниками процесса в рамках сценария «формирование оптимального графика движения», что особенно важно для оценки производительности системы и выявления потенциальных «узких мест» на этапе проектирования (рис. 3).



Рис. 3. Диаграмма последовательности действий
(стрелки направлены на того, от кого исходит инициатива)

На основе построенных моделей формируется система количественных показателей для оценки эффективности изменений (табл. 4).

Таблица 4

Сравнительный анализ эффективности процессов		
Показатель	Текущее состояние	Целевое состояние
Длительность цикла планирования (часы)	4-6	1-2
Трудоемкость (чел./час на 1 график)	8	3
Количество ручных операций	15	5
Количество межсистемных передач данных	8	3
Количество ошибок при планировании	3-5	0-1

На основе количественных показателей рассчитывается потенциальный экономический эффект от внедрения оптимизированного процесса (табл. 5).

Таблица 5

Расчет экономического эффекта от оптимизации

Статья экономии	Методика расчета	Прогнозируемый годовой эффект
Сокращение трудозатрат	(Высвобождаемое время * Количество диспетчеров * Сред- няя часовая ставка)	15,6 млн руб.
Снижение операционных потерь	(Сокращение ошибок * Средняя стоимость устранения ошибки)	7,2 млн руб.
Повышение пропускной способ- ности	(Сокращение времени планирования * Дополнительные перевозки)	23,4 млн руб.

Предложенная трехфазная методика позволяет системно подойти к задаче импортозамещения ПО в РЖД, трансформируя ее из технической миграции в проект бизнес-оптимизации. Комплексное применение IDEF0 и UML обеспечивает сквозное проектирование - от стратегического видения до тактической реализации. Количественная оценка на основе KPI демонстрирует значительный потенциал повышения операционной эффективности и экономической целесообразности предлагаемых изменений. Результаты расчетов показывают, что только для процесса «Управление перевозочной работой» прогнозируемые годовой экономический эффект может составить более 46 млн руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дружинин Г. В., Цыганков Д. Б. Импортозамещение программного обеспечения как фактор развития цифровой экономики России // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 5-1. С. 84-88.
- 2 Стратегия цифровой трансформации. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/106669>
- 3 Интервью первого вице-президента РЖД С. А. Кобзева о задачах импортозамещения ПО. URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/interviews/importozameshchenie-v-rzhd-nuzhno-otkazatsya-ot-illyuziy-i-skon-zentrirovatsya-na-glavnykh-zadach/>
- 4 Руководство по методологии функционального моделирования IDEF0. URL: <https://www.idef.com/wp-content/uploads/2016/02/fips183.pdf>
- 5 Object Management Group (OMG). Unified Modeling Language (UML), Version 2.5.1. URL: <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/PDF>
- 6 ОАО «РЖД». Статистический сборник «Производственные показатели перевозочной деятельности» / Департамент статистики и аналитики. М.: РЖД, 2023. 156 с.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Я. Д. Степаненко, Е. В. Огородник, Л. Ф. Казанская

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Введение. В наше время современные технологические решения оказывают значительное влияние на методы обеспечения качества продукции в организациях. Они предоставляют инновационные возможности для преодоления трудностей, обеспечивая надёжный контроль.

Актуальность этой темы обусловлена тем, что во многих компаниях, вне зависимости от сферы деятельности, возникают трудности в системах менеджмента качества [1]. Опыт свидетельствует о случаях формального внедрения подобных систем, которые не приносят ожидаемой пользы. Причины кроются в систематических недостатках внутри компаний, отсутствии улучшения ключевых показателей качества. Внедрение цифровых инструментов открывает путь к созданию системы самоконтроля, способной выявлять незаметные дефекты. Таким образом, использование данных технологий становится критически важным для организаций, стремящихся удержаться на конкурентном рынке [2].

Методы и решения. Внедрение цифровых технологий в обеспечении системы менеджмента (СМК) качества организаций включает следующие этапы:

- оценка текущего состояния (анализ существующих процессов, выявление уязвимых мест и областей, в которых возможно внедрение цифровых решений);
- выбор технологий (идентификация инструментов и платформ, соответствующих целям СМК (облачные решения, аналитические инструменты, мобильные приложения);
- внедрение конфигурации систем и интеграция с уже существующими корпоративными инструментами (ERP, CRM, DMS);
- обучение персонала использованию новых технологий;
- тестирование и адаптация (оценка функциональности цифровых решений и их настройка в соответствии с реальными задачами);
- наблюдение и улучшение (регулярная оценка результативности цифровых инструментов и внедрение новых функций по мере необходимости).

Технологии цифровизации СМК представлены в табл.1.

Таблица 1

Технологии цифровизации аудитов

Технологии	Действие технологий
Облачные платформы	Хранение и обработка данных в облаке позволяют осуществлять удаленные проверки и координировать работу команд (Microsoft Azure, Google Cloud, AWS)
Искусственный интеллект и машинное обучение	Проведение анализа больших массивов с целью обнаружения ошибок и возможных рисков
Интернет вещей (IoT)	Сенсоры и устройства собирают данные с оборудования, производственных линий и складов. Информация анализируется в режиме реального времени, что позволяет быстро обнаруживать несоответствия
Блокчейн	Гарантирует прозрачность и неизменность данных, применяемых в процессе аудита. Применяется для верификации цепочек поставок и финансовых операций
Анализ больших данных (Big Data Analytics)	Сложные алгоритмы обрабатывают обширные объемы данных для выявления закономерностей, трендов и аномалий. Обеспечивает возможность более точного и глубокого анализа.
Мобильные технологии	Обеспечивают возможность проведения аудитов на местах с использованием мобильных приложений. Аудиторы имеют возможность записывать результаты, делать фотографии или видеозаписи и загружать их в систему в режиме реального времени.

Анализ полученных результатов. В качестве инструмента, можно рассмотреть промышленный интернет вещей (далее – **IIoT**), который представляет собой систему взаимосвязанных компьютерных сетей и подключённых физических объектов (вещей) со встроенными сенсорами и программным обеспечением для манипуляции с данными, с возможностью удалённого контроля, способного выявлять недостатки внутри органе, а также находить способы устранения их без участия пользователя [4].



Рис. 1. Устройство системы Интернет вещей

Сегодня технологии Интернет вещей активно распространяется в различных сферах жизни. Их применение можно встретить в промышленности, аграрном секторе, медицине и решениях для «умного дома». Широкое распространение получил вариант использования Интернета вещей, основанный на массовом взаимодействии между устройствами. Этот подход характеризуется работой с огромным количеством приборов и служит фундаментом для многих актуальных систем контроля качества, при котором обеспечивается постоянная работоспособность системы путем регулярного мониторинга, своевременного обновления программного и аппаратного обеспечения.

Внедрение промышленного IIoT позволяет увеличить производительность, охватывающую информационно-коммуникационные и финансовые сферы, а также производительность Систем менеджмента качества (СМК) на предприятии. Важно отметить, что эффективность СМК возрастает, так как выявление проблем происходит быстрее, чем при использовании классических способов.

Наиболее крупные компании РФ, которые используют IIoT – это:

1. Мегафон - занимается продажами устройств «умного дома», заключила контракт с Иннополисом.
2. МТС - владеет своим брендом m2m, который предоставляет девайсы Интернет вещей.
3. Ростелеком - выбрал для себя одно из стратегических направлений IIoT.

Компании, которые применяют внутреннюю трансформацию при помощи IIoT, оцениваются на рынке выше, чем те, которые используют старые методы. Стоит отметить, что крупнейшие компании внедряют Интернет вещей для повышения эффективности и конкурентоспособности. IIoT в обеспечении системы менеджмента качества корпораций работает как единый механизм, с целью предотвращения ситуаций, в которых организации могут нести крупные потери.

Проведенные исследования позволили представить цифровые платформы при внедрении СМК в организациях (табл.2).

Таблица 2

Популярные платформы обеспечения СМК в организациях		
№ п/п	Платформы	Действие
1	AuditBoard	Универсальная система для контроля внутренних аудитов, управления рисками и соблюдения стандартов
2	iAuditor	Приложение для мобильных устройств, предназначенное для создания чек-листов, сбора информации и формирования отчетов в режиме реального времени
3	SAP Audit Management	Автоматизирует все стадии аудита, включая планирование, проверку и подготовку отчетов, на полную мощность
4	TeamMate+	Специальное решение для внутреннего аудита, включающее инструменты для анализа данных

К проблемам и вызовам цифровизации можно отнести:

- сопротивление со стороны сотрудников (некоторые не желают переходить на цифровые инструменты из-за недостатка навыков или привычки работать традиционным способом);
- значительные первоначальные расходы (для внедрения цифровых технологий необходимы инвестиции);
- кибербезопасность (обработка больших объемов данных повышает вероятность утечек и кибератак);
- сложность интеграции (внедрение новых систем может потребовать значительного времени и адаптации существующих процессов).

Во многих организациях применяются одновременно, как цифровизация, так и автоматизация, характерная для предыдущего технологического уклада (табл.3).

Таблица 3

Характеристики автоматизации и цифровизации

Параметр	Автоматизация	Цифровизация
Что это	Заменяет ручные операции технологиями	Использует цифровые технологии для изменения процессов
Цель	Ускорение и удешевление рутинных задач	Улучшение бизнеса и создание новых цифровых моделей
Пример	Создание CRM-системы вместо Excel	Создание мобильного приложения для продаж
Где применяется	Отдельные задачи (бухгалтерия, производство, логистика)	Полный переход на цифровые процессы
Эффект	Экономия времени и ресурсов	Новые бизнес-возможности
Связь с цифровыми технологиями	Использует цифровые инструменты, но не меняет бизнес-модель	Требует цифровых решений для трансформации работы

Цифровизация и автоматизация для обеспечения СМК могут эффективно взаимодействовать, формируя быстрый, точный и прозрачный процесс контроля качества. Автоматизация позволяет избавиться от рутинных задач, в то время как цифровизация трансформирует саму концепцию СМК, внедряя современные технологии и новые методы работы.

Практическое приложение результатов. Сравнительный анализ использования цифровизации автоматизации при обеспечении СМК представлены в таблице 4.

Таблица 4

Использование цифровизации и автоматизации аудита

Фактор	Цифровизация	Автоматизация
Быстродействие	Доступ к данным в облаке	Боты обрабатывают данные за секунды
Прозрачность	Блокчейн и цифровые отчеты	Исключение человеческих факторов
Гибкость	Работа аудиторов из любой точки мира	Самостоятельная проверка документов
Безопасность	Шифрование и неизменяемость данных	Исключение фальсификаций
Экономия денежных средств	Сокращение документооборота и командировочных расходов	Сокращение ручной работы

Вывод. Эксперты в области контроля качества эволюционируют от простых проверяющих до аналитиков и разработчиков стратегий. Вместо простого поиска дефектов теперь приоритет отдается анализу информации, совершенствованию процессов и прогнозированию возможных проблем. Контроль качества перестаёт быть вынужденной мерой и становится фактором, обеспечивающим конкурентные преимущества, а также катализатором для новых разработок. Промышленный IoT предоставляет оперативный доступ к данным и результатам анализа, стимулируя инновации и позволяя компаниям гибко реагировать на изменения рынка и запросы клиентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Иванов К. Д. Цифровизация в производственном секторе: автоматизация и оптимизация процессов [Электронный ресурс]. URL:

- <https://naukamirowozreniya.ru/public/202507/application/1753711583760648755/cifrovizaciya-v-proizvodstvennom-sektore-avtomatizaciya-i-optimizaciya-processov.pdf> (дата обращения: 06.10.2025).
- 2 Иванов А. С., Петров В. И. Промышленный Интернет вещей как основа цифрового производства. Автоматизация в промышленности. 2022. № 3. С. 12-18. [Электронный ресурс]. URL: <https://mniap.pf/repository/analytics/457/document.pdf> (дата обращения: 06.10.2025).
 - 3 Journal of Quality Technology (2023). Vol. 15, No. 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.researchgate.net/> (дата обращения: 06.10.2025).
 - 4 Industrial Internet of Things - IIoT (Промышленный интернет вещей) [Электронный ресурс]. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:IIoT_-_Industrial_Internet_of_Things_\(Промышленный_интернет_вещей\)?ysclid=mggluv6b3e604744160](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:IIoT_-_Industrial_Internet_of_Things_(Промышленный_интернет_вещей)?ysclid=mggluv6b3e604744160) (дата обращения: 06.10.2025).
 - 5 Промышленный Интернет Вещей (IIoT): Умные Решения для Производства [Электронный ресурс]. URL: <https://sofiot.io/blog/Iot-obzory/promyshlennyy-internet-veshchey-iiot-umnye-resheniya-dlya-proizvodstva/> (дата обращения: 06.10.2025).
 - 6 Как эффективно реализовать цифровую трансформацию любого производства с помощью промышленного интернета вещей [Электронный ресурс]. URL: <https://info.svisitom.ru/blog/novye-funktsii/cifrovaja-transformacija-proizvodstva?ysclid=mgglyduo33146416786> (дата обращения: 06.10.2025).
 - 7 Sigfox Россия Энерго капитал [Электронный ресурс]. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Компания:Sigfox_Россия_\(Энерго_Капитал\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Компания:Sigfox_Россия_(Энерго_Капитал)).
 - 8 Управление качеством через цифровые технологии: тренды и перспективы [Электронный ресурс]. URL: <https://synaptik.ru/blog/kak-it-resheniya-uluchshayut-kachestvo-produkczii/upravlenie-kachestvom-cherez-cifrovye-tehnologii-trendy-i-perspektivy>. (дата обращения: 06.10.2025).
 - 9 Анализ угроз и уязвимостей концепций IIoT и IIoT [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-ugroz-i-uyazvimostey-kontseptsii-iiot-i-iiot> (дата обращения: 06.10.2025).

УДК 004.415.2

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКОВ РЕГИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА СВЯЗИ

А. Е. Субботин, Д. Р. Сысюк, И. Р. Климашин, Э. В. Логин

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Введение. На сегодняшний день важнейшей задачей в области транспорта является эффективный мониторинг параметров функционирования оборудования для оптимизации эксплуатационного процесса на сети связи, а также учета ресурсов. Создаются новые системы, позволяющие решать эту задачу.

Переход к цифровизации и оптимизации эксплуатационного процесса с учетом производственных факторов невозможно реализовать без обеспечения достоверности информации о состоянии объектов управления, поступающей из различных информационных систем. Поэтому существует необходимость создания такой системы, которая позволит обеспечить структурированный доступ к информации, улучшить ее обработку и распределение, повысить производительность и сократить издержки на хранение и поиск данных.

Одной из таких систем является «Программа электронной документации электромехаников РЦС», позволяющая работникам коллективно вносить изменения, отслеживать правки, а также уменьшающая затраты времени и трудоемкость при выполнении производственных обязанностей.

Методы решения задачи

Для решения поставленной задачи, была проведена разработка приложения для Aurora OS, используя подход клиент-сервисных приложений. Исходя из такого принципа, приложение состоит из нескольких взаимосвязанных модулей, каждый из которых выполняет свою задачу в процессе цифрового документооборота:

1. Модуль БД.
2. Серверный модуль.
3. Клиентский модуль.

Модуль БД – модуль базы данных PostgreSQL, который имеет иерархическую структуру данных. Реализованная структура представляет собой детерминированную древовидную иерархию с четко определенными отношениями «родитель-потомок». Модель построена на принципах композитного проектирования [1], где каждый уровень абстракции инкапсулирует специфические атрибуты и функциональность.

Иерархия может быть представлена как ориентированный ациклический граф:

$G = (V, E)$, где:

$V = \{\text{directions, departments, buildings, rooms, cabinet_rows, cabinets, equipment}\}$

$E = \{(v_i, v_j) \mid v_j \text{ является потомком } v_i\}$

Данная модель гарантирует отсутствие циклических зависимостей и обеспечивает строгую транзитивность отношений наследования атрибутов и прав доступа всей организационной структуры.

Преимущества архитектурного решения:

1. Масштабируемость:

- горизонтальное масштабирование: добавление новых экземпляров на каждом уровне;
- вертикальное масштабирование: расширение атрибутов без нарушения структуры.

2. Детализированная система авторизации и контроля доступа:

- контекстно-зависимая проверка прав: каждая операция в системе автоматически проверяет принадлежность запрашиваемых ресурсов к иерархической зоне ответственности пользователя;
- изоляция данных: пользователи имеют доступ исключительно к тем ветвям иерархии, которые соответствуют их организационной принадлежности.

3. Оптимизированная производительность и эффективность запросов:

- локализованные операции доступа к данным: запросы выполняются только в рамках релевантных ветвей иерархии, минимизируя нагрузку на систему;
- предсказуемое время отклика: стабильная производительность операций независимо от общего объема данных в системе.

Данная архитектурная парадигма обеспечивает оптимальный баланс между производительностью, безопасностью и гибкостью, создавая прочный фундамент для долгосрочного развития и масштабирования системы в условиях постоянно изменяющихся бизнес-требований.

Серверный модуль – модуль, реализован на Node.js, который взаимодействует с базой данных и является центром обработки всех HTTPS запросов по известным маршрутам, на рисунке 1 представлен пример взаимодействия сервера с клиентским приложением и базой данных. Данный серверный модуль имеет архитектуру REST API, который позволяет масштабировать систему и подключать к ней новые сервисы.

Клиентский модуль – модуль, на котором прописана вся основная логика приложения для смартфонов с операционной системой OS Aurora. Клиентский модуль реализован на таких языках, как: C++, QML, QML, следовательно, приложение содержит 3 вида файлов с разрешениями: .h, .cpp, .qml. В программе содержится один заголовочный файл, который включается в каждый файл с разрешением .cpp. Единственный заголовочный файл содержит объявления каждого имени, используемого в .cpp файле [2]. С помощью механизма #include, который является средством манипулирования текстом, позволяющим собрать фрагменты исходного кода программы в один файл компиляции [2], который включается в исходный файл с разрешением .cpp, содержащий исполняемый код, достигается согласованность типов одних и тех же объектов, функций, классов. Таким образом, исходный код, обрабатываемый компилятором и затем компоновщиком, является согласованным.

Ключевые элементы заголовочного файла приложения:

1. Директивы препроцессора

- Директива #include позволяет включать в текст программы файлы, которые содержат описание библиотечных функций, таких как: QObject, QNetworkAccessManager, QNetworkReply, QJsonDocument и другие, находящихся в папке компилятора, такое включение файлов заключается в угловые скобки <>.
- Директива #ifndef с директивой #endif управляют компиляцией частей исходного файла, где #ifndef проверяет был ли определен заголовочный файл #endif – завершает условную конструкцию
- Директива #define является определением макросов препроцессора. Совместно с директивой #ifndef создается защита от повторного включения заголовочных файлов. С помощью #define объявляют флаг, что файл уже включен, следовательно, когда файл будет включен повторно, то #ifndef не работает и все содержимое файла будет проигнорировано

2. Подключение зависимостей

В этой секции перечислены все заголовочные файлы библиотек Qt, которые необходимы для работы объявляемого класса. Это сообщает компилятору о наличии используемых классов.

3. Объявление класса и системы свойств Qt:

```
class Authorization: public QObject
{
    Q_OBJECT
    Q_PROPERTY(QString fullName READ fullName NOTIFY fullNameChanged)
```

`Q_PROPERTY(QString role READ role NOTIFY roleChanged)`

В данном примере класса указано, что класс наследуется от `QObject`, что дает доступ к таким возможностям Qt, как сигналы и слоты [3]. Макрос `Q_OBJECT` обязателен для классов, использующих механизмы мета-объектов Qt. `Q_PROPERTY` объявляет свойства, которые могут быть доступны напрямую из QML [3], например, свойство `fullName` доступно только для чтения (READ) через метод `fullName()` и испускает сигнал `fullNameChanged()` при изменении.

4. Публичный интерфейс

Публичный интерфейс – это «лицо» класса, которое определяет все возможные способы взаимодействия с ним извне. Для класса «Authorization» он специально спроектирован для максимально удобной интеграции с QML и выполнения роли связующего звена между интерфейсом и сервером.

`explicit Authorization(QObject *parent = nullptr);` - объявление конструктора

`explicit` предотвращает неявное преобразование типов при создании объекта. Параметр `parent` обеспечивает правильное управление памятью в иерархии объектов Qt.

Методы, помеченные макросом `Q_INVOKABLE`, могут быть вызваны непосредственно из QML-кода. Это мост между C++ логикой и QML интерфейсом.

5. Сигналы

Сигналы являются общедоступными функциями и могут генерироваться из класса, который определяет сигнал, и его подклассов. Сигнал генерируется при наступлении определенного события, например, нажатие на интерфейсную кнопку из QML.

6. Приватные слоты

Слот – функция, которая вызывается в ответ на определённый сигнал.

Слоты объявляются с макросом `slots` [3]:

- `public slots` – доступны для подключения извне класса
- `protected slots` – доступны только внутри класса и наследников
- `private slots` – доступны только внутри класса

7. Приватные члены класса

Приватные члены представляют собой элементы класса – атрибуты (переменные) и методы (функции), обладающие строго ограниченной областью видимости и уровнем доступа. Данные элементы доступны исключительно в контексте самого класса, в котором они объявлены, и не подлежат прямому манипулированию из внешнего кода.

К фундаментальным аспектам применения приватных членов относятся [2]:

1. Инкапсуляция – базовый принцип объектно-ориентированного программирования, реализуемый через приватные члены. Этот механизм обеспечивает сокрытие реализации, абстракцию данных, минимизацию связности между компонентами системы.
2. Валидация состояний (процесс проверки корректности перехода объекта из одного состояния в другое), инварианты класса (условия, которые всегда должны быть истинными для корректного объекта класса в любой момент существования), контролируемые точки доступа (публичные методы, которые обеспечивают контролируемое изменение приватных членов), через все это обеспечивается целостность данных.
3. Управление внутренним состоянием объекта, а именно детерминированное изменение состояния (для одних и тех же входных данных и текущего состояния объект всегда перейдет в одно и то же следующее состояние), согласованность внутренних зависимостей (связанные между собой поля объекта всегда находятся в согласованном состоянии).

Использование публичных членов вместо приватных приводит к нарушению принципа минимальной привилегии и создает уязвимости, такие как: несанкционированный доступ к конфиденциальным данным, нарушение аутентификационных механизмов, обход валидационных проверок, некорректные переходы между состояниями.

Таким образом, файл с разрешением `.h` – “официальный представитель” класса, который рассказывает о возможностях класса и правилах взаимодействия.

Файл с разрешением `.cpp` - файл исходного кода, написанный на языке программирования C++. Его основное назначение - хранение кода, который реализует логику и функциональность в приложении. Расширение `.cpp` помогает компилятору идентифицировать файл как содержащий исходный код на C++ [2]. В процессе сборки компилятор преобразует код C++ в машинный язык, понятный компьютеру. Это позволяет трансформировать читаемый человеком код в набор инструкций, необходимых для выполнения задач. В данном файле `.cpp` содержится реализация класса «Authorization», который инкапсулирует всю логику взаимодействия клиентской части приложения с сервером по протоколу TCP/IP.

Файл с разрешением .qml отвечает за визуальное представление и пользовательский интерфейс. В нём создаются кнопки, текстовые поля, списки и другие элементы. Логика из C++ класса Authorization соединяется с QML через привязки свойств и обработчики сигналов [3]. Например, при нажатии кнопки «Войти» (рис. 2) из QML вызывается метод sendCredentials, а при получении сигнала onAuthorizationSuccess QML-слой может переключить видимую страницу приложения, как мы можем наблюдать по логам консоли Aurora IDE (рис. 3).

Анализ полученных результатов

По итогам разработки можно сказать, что было создано многофункциональное приложение с безопасным обменом данных. Приложение используется при ведении учёта и обслуживания оборудования на линейных объектах связи и автоматики. В частности, оно предназначено для: хранения и структурирования технических паспортов, схем, спецификаций и отчётов о проверках; обеспечения доступа к актуальной информации по оборудованию непосредственно на месте эксплуатации; упрощения обмена документами между электромеханиками, инженерами и руководителями участков; исключения дублирования и ошибок, возникающих при ручном внесении данных в бумажные формы. Приложение устанавливает защищенное соединение с сервером, отправляя POST и GET запросы о получении данных из документов, редактировании данных, отслеживании технологического процесса выполнения работ. Данное приложение имеет 3 уровня доступа, каждый из уровней имеет определенный набор разрешенных операций, также имеется разграничение территориального местоположения пользователя, пользователь видит лишь ту информацию и документы, которые необходимы для выполнения его обязанностей.

Практические результаты

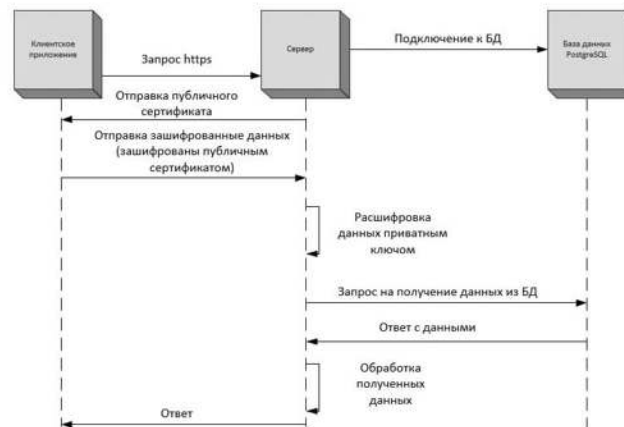


Рис. 1. Взаимодействие клиентского приложения, сервера, БД

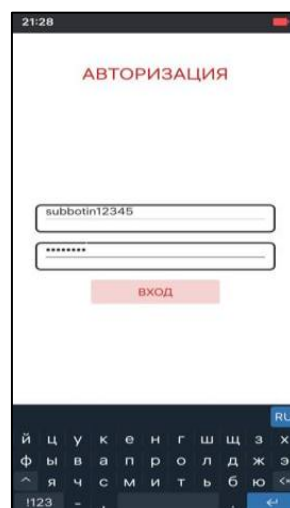


Рис. 2. Интерфейс авторизации

```
[D] onClicked:102 - Кнопка нажата
[D] onClicked:107 - Отправляем данные: subbotin12345, 12345678
[D] Authorization::sendCredentials:73 - Отправляем запрос на URL: "https://192.168.0.102:3000/api/login"
[D] Authorization::sendCredentials:83 - Отправляем данные: {"login": "subbotin12345", "password": "12345678"}
[D] Authorization::Authorization(QObject)::lambda:39 - SSL ошибка: ("The host name did not match any of the valid hosts for this certificate")
[D] Authorization::handleReply:430 - Обработка ответа от: "https://192.168.0.102:3000/api/login"
[D] Authorization::handleReply:431 - HTTP статус: 200
[D] Authorization::handleReply:432 - Метод запроса: 4
[D] Authorization::handleReply:433 - Ошибка: "Unknown error"
[D] Authorization::handleReply:487 - Ответ сервера: {"success":true,"message":"","department_id":1,"full_name":"Субботин Александр Евгеньевич","role":"Администратор"}
[D] Authorization::handleReply:603 - Установлен Department ID: 1
[D] Authorization::handleReply:609 - Установлена полная имя: "Субботин Александр Евгеньевич"
[D] Authorization::handleReply:615 - Установлена роль: "Администратор"
[D] expression for onAuthorizationSuccess:16 - Авторизация успешна, Department ID: 1
[D] onStatusChanged:16 - Auth получен на главной странице
```

Рис. 3. Лог консоли, при запросе авторизации

Вывод

Интеграция приложения позволит увеличить эффективность пользования параметрами функционирования телекоммуникационного оборудования в существующей системе мониторинга путем оптимизации эксплуатационного процесса в рамках предложенной цифровизации. Основной акцент сделан на создании безопасного, масштабируемого и функционального решения, способного интегрироваться в существующую инфраструктуру и значительно повысить эффективность эксплуатационных процессов. Ключевые достижения разработки:

1. Разработано кроссплатформенное приложение для Aurora OS с использованием клиент-серверной архитектуры, что обеспечивает гибкость и возможность дальнейшего расширения.
2. Внедрена иерархическая модель данных на основе PostgreSQL, обеспечивающая строгую структуризацию информации, контроль доступа и масштабируемость.
3. Реализована трёхуровневая система доступа с территориальным разграничением, что минимизирует риски несанкционированного доступа и повышает безопасность данных.
4. Обеспечен удобный пользовательский интерфейс на QML с интеграцией C++-логики, что позволяет сочетать высокую производительность и интуитивность взаимодействия.

Предложенная система представляет собой законченное, технологически зрелое решение, которое не только решает текущую задачу по учёту конфигурации оборудования, но и создаёт основу для дальнейшей цифровой трансформации предприятия. Успешная интеграция приложения в эксплуатационные процессы позволит не только оптимизировать текущие операции, но и создать единое информационное пространство, способствующее принятию обоснованных управленческих решений и повышению общей надёжности телекоммуникационной инфраструктуры.

Настоящая статья опубликована при поддержке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» инициативных научных работ, выполняемых студенческими научными коллективами.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1 Гамма, Э. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Д. Влиссидес, пер. с англ. СПб. : Питер, 2022. 366 с. ISBN 978-5-4461-1603-7.
- 2 Страуструп, Б. Язык программирования C++ / Б. Страуструп. 4-е изд. М. : Вильямс, 2022. 1136 с. ISBN 978-5-907144-71-6.
- 3 Qt for C++: The Complete API Reference [Электронный ресурс] // Qt Documentation. The Qt Company, 2024. URL: <https://doc.qt.io/qt-6/classes.html>

АНАЛИЗ РЕШЕНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ВЕБ-САЙТА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ИНТЕРЬЕР ДИЗАЙНА ПОМЕЩЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

А. А. Уланов, А. А. Куницына, Э. А. Дорошкевич

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. В современном мире дизайн интерьера играет решающую роль в создании пространств, сочетающих комфорт, эргономику и эстетику, что напрямую сказывается на психоэмоциональном состоянии, продуктивности и общем качестве жизни. На фоне растущего стремления к индивидуализации жилых и рабочих зон, а также развития культуры потребления, где визуальная составляющая и практичность помещений имеют первостепенное значение, спрос на профессиональные дизайнерские услуги стабильно растет.

Параллельно с другими процессами, цифровая революция оказала огромное влияние на сферу дизайна интерьеров. Все больше людей используют онлайн-ресурсы для поиска вдохновения, составления планов и создания виртуальных моделей своих будущих интерьеров. Такие платформы, как Pinterest, и специализированные блоги, играют ключевую роль, стимулируя пользователей к активному творчеству, а не простому копированию готовых решений.

Несмотря на высокий спрос на услуги по дизайну интерьера, существует значительный пробел между желанием потребителей преобразить свое жилье и их реальными возможностями. Современные профессиональные инструменты для проектирования, такие как AutoCAD и SketchUp, предъявляют высокие требования к знаниям, требуют длительного обучения и отнимают много времени. Альтернативные, более простые конструкторы и мобильные приложения, напротив, страдают от ограниченного функционала и шаблонных подходов. Они не позволяют реализовать комплексное проектирование, которое учитывало бы все индивидуальные особенности помещения, включая точные размеры, расположение окон, уровень инсоляции и стилистические предпочтения.

На рынке существует четко выраженная потребность в инструменте, который бы занимал нишу между сложными профессиональными программами и простыми визуализаторами. Сейчас пользователям, не обладающим специальными знаниями, не хватает доступного, интуитивно понятного, но при этом достаточно мощного решения для создания качественных, индивидуальных и технически грамотных дизайн-проектов.

Актуальность данной работы обусловлена острой необходимостью преодоления этого пробела путем разработки специализированного веб-сайта. Такой сайт должен интегрировать в себе преимущества искусственного интеллекта для генерации идей, интуитивно понятный интерфейс для управления процессом и достаточно мощный функционал для создания реалистичных и продуманных проектов, адаптируемых под индивидуальные потребности, предпочтения и бюджет пользователя.

Цель работы – разработка и реализация функционального веб-сайта, который предоставит пользователям инструмент для автоматизированного создания, визуализации и модификации дизайна интерьеров помещений.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ современного состояния предметной области и выявить ключевые требования к функционалу веб-платформы для генерации дизайна интерьеров.
2. Исследовать и сравнить существующие аналогичные решения, выявив их сильные и слабые стороны для формирования конкурентных преимуществ разрабатываемого продукта.
3. Проанализировать и выбрать оптимальные методы, технологии и инструментальные средства для Full-Stack веб-разработки.
4. Спроектировать архитектуру веб-приложения, пользовательские сценарии (UX) и интерфейс (UI).
5. Реализовать программный продукт, включающий базовый функционал для загрузки плана помещения, выбора стилистических параметров и генерации визуализаций.

Методы решения задачи. Предметная область охватывает разработку веб-сайта для автоматизированного создания визуальных проектов интерьера помещений. В рамках аналитического исследования был проведен сравнительный анализ существующих на рынке решений, позволяющих генерировать дизайн интерьера с использованием искусственного интеллекта. Среди рассмотренных аналогов были выделены такие платформы, как Room-Design.ai, MNML.ai и ReRoom.ai.

Анализ проводился по ключевым параметрам, включающим целевую аудиторию, основную специализацию, технологические особенности, точность сохранения геометрии помещения, реализм и

детализацию итоговых изображений, а также бизнес-модель (условия бесплатного использования и подписки). Сравнение существующих аналогов представлено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение существующих аналогов

Параметр	Room-Design.ai	MNML.ai	ReRoom.ai
Основная специализация	Широкий спектр стилей и максимальная детализация изображений	Минимализм, современные стили	Высокая точность сохранения геометрии помещения
Точность сохранения геометрии	средняя	средняя	высокая
Детализация и реализм	детальная проработка текстур, освещения, теней.	Высокие, но в своем стиле. Чистые поверхности, мало «шума».	качество зависит от исходного фото
Скорость обработки запроса	20-40 сек	10-20 сек	20-40 сек
Доступность и цена	Бесплатная только пробная версия. Для доступа к премиум-стилям и высокому качеству изображения требуется оформление подписки	Доступ к сервису появится только после оформления платной подписки	Суточное ограничение по генерации изображений в бесплатной версии. При оформлении подписки появляется расширенный спектр настроек
Сильные стороны	Контроль над готовым изображением	Мгновенная скорость	Отлично для перепланировки и работы со сложными помещениями
Слабые стороны	Искажение размеров комнаты, платный для полноценного использования	Мало контроля над деталями готового изображения	Дизайны могут быть банальными, акцент идет на детализацию изображения, а не на художественный замысел
Кому подходит	Дизайнерам, владельцам недвижимости	Домовладельцам	Застройщикам, архитекторам

Проведенный анализ выявил, что большинство существующих аналогов ориентированы либо на массового потребителя, желающего быстро «примерить» новый стиль, либо на профессиональных дизайнеров, нуждающихся в сложных и дорогостоящих инструментах. При этом наблюдается дефицит решений, которые сочетали бы высокую точность моделирования, доступность для неподготовленного пользователя и широкие возможности по кастомизации итогового проекта.

Анализ полученных результатов. В результате проведенной работы были получены следующие результаты:

1. Была обоснована целесообразность самостоятельной разработки веб-сайта, что позволяет избежать ограничений, присущих конструкторам и типовым CMS.
2. Определен базовый функционал будущего продукта, включающий загрузку изображения помещения, выбор стиля интерьера, генерацию нескольких вариантов дизайна и их визуализацию.
3. Разработана архитектура проекта и интерфейсные прототипы, обеспечивающие интуитивно понятное взаимодействие для пользователя.
4. Сформирован технологический стек, адекватный поставленным задачам и позволяющий приступить к этапу программной реализации.

Проведенный анализ аналогов показал, что ключевым преимуществом разрабатываемого решения может стать повышенное внимание к точности визуализации и возможности тонкой настройки генерируемых проектов, что адресует основные слабые места существующих сервисов.

Практическое приложение результатов. Разрабатываемый веб-сайт имеет значительный практический потенциал и может быть применен в следующих сферах:

1. Для конечных пользователей: Позволит частным лицам самостоятельно и без значительных финансовых затрат экспериментировать с дизайном своих квартир, домов и офисов, визуализируя идеи перед их реальным воплощением.

2. Для профессионалов: Может служить вспомогательным инструментом для дизайнеров интерьеров и риелторов для быстрого создания эскизов и презентаций для клиентов.
3. В образовательных целях: Платформа может быть использована как учебный ресурс для изучения основ дизайна и композиции.
4. Реализация проекта позволит демократизировать процесс создания дизайна интерьера, сделав его доступным для широкой аудитории.

Выводы. На данном этапе работы были получены следующие результаты:

1. В ходе работы была подтверждена актуальность разработки веб-сайта для генерации дизайна интерьеров, ориентированного на пользователей без профессиональных навыков.
2. На основе сравнительного анализа методов разработки был обоснован выбор в пользу самостоятельной реализации с использованием современных веб-технологий (HTML, CSS, JavaScript, серверные фреймворки).
3. Анализ предметной области и существующих аналогов позволил выделить ключевые функциональные требования и определить направления для обеспечения конкурентоспособности продукта.
4. Результатом работы является готовый к реализации технический план, выполнение которого позволит создать востребованный цифровой продукт с четко определенной практической ценностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Орлова А. Способы разработки веб-сайта [Электронный ресурс] / VC.ru. URL: <https://vc.ru/dev/78714-3-sposoba-razrabotki-veb-saita> (дата обращения: 11.07.2025).
- 2 Вершинин О. Структура сайта: виды, алгоритм создания и 11 сервис в помощь [Электронный ресурс] / Neiros. URL: <https://neiros.ru/blog/marketing/struktura-sayta-vidy-algoritm-sozdaniya-i-11-servis-v-pomoshch/> (дата обращения: 11.07.2025).
- 3 Website [Электронный ресурс] / wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Website> (дата обращения: 01.07.2025).
- 4 Кириченко А. Web на практике. CSS, HTML, JavaScript, MySQL, PHP для fullstack-разработчиков. Москва: Наука и техника, 2021. 432 с.
- 5 Материалы анализа аналогов (Room-Design.ai, MNML.ai, ReRoom.ai) по данным отчета по практике.

УДК 004.424.3:004.77:378.147

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ КАК ЭТАП РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО ВУЗА

А. А. Уланов, Е. А. Мордовец

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. Цифровая трансформация образования требует изменения и совершенствования внутренних процессов вузов. На сегодняшний день многие университеты, включая транспортные, сталкиваются с проблемой разрозненности информационных сервисов. Основным каналом информации часто выступает сайт, который, однако, имеет функциональные ограничения: отсутствие персонифицированного личного кабинета, сложная навигация и отсутствие оперативного доступа к важным данным. Существующие на рынке решения либо являются узкоспециализированными, либо представляют собой локальные разработки, сложно адаптируемые под нужды другого учебного заведения. В связи с этим, существует потребность в создании универсального, масштабируемого мобильного приложения, которое может быть внедрено в любой университет [1: 369].

Данный сервис станет новым каналом взаимодействия, интеграция которого подразумевает изменение бизнес-процессов университета [2: 2]. Для качественной разработки и последующего масштабирования приложения необходимо создать универсальные, детально описанные модели этих процессов. Их описание позволяет предотвратить несогласованность данных между подразделениями. Цель работы – разработать модель ключевых бизнес-процессов вуза, которые будут поддерживаться мобильным приложением.

Для выявления наиболее полезных и востребованных функций для студентов был проведен опрос среди обучающихся. В опросе приняло участие 168 респондентов.

Опираясь на полученные данные, было выявлено 5 наиболее востребованных функций: расписание занятий, электронный пропуск в университет, просмотр баллов за контрольный срок, заказ справок и электронная зачетная книжка.

Выявленные функции представляют собой формализуемые бизнес-процессы взаимодействия студентов с университетом. В этой связи разработка мобильного приложения требует их предварительного анализа и моделирования. Для формального описания данных процессов и проектирования архитектуры решения было применено моделирование процессов с использованием нотации UML. [3: 1] Для каждой функции был построен комплект диаграмм, обеспечивающий всестороннее описание процесса (диаграммы вариантов использования [4: 28], последовательности действий [5: 27], классов, деятельности [6: 217], коммуникации).

В данной статье процесс моделирования представлен на примере бизнес-процесса «Просмотр расписания».

Диаграмма вариантов использования

Диаграмма вариантов использования для процесса «Просмотр расписания» определяет двух основных акторов: «Студент» и «Методист». Студент взаимодействует с системой через прецедент «Просматривать расписание», который обязательно включает подпроцесс «Получить актуальные данные». Актор «Методист» наделен правом на выполнение независимого прецедента «Редактировать расписание», что является источником данных для системы. Эта диаграмма задает универсальную ролевую модель, не зависящую от конкретной организационной структуры вуза. Диаграмма представлена на рисунке 1.

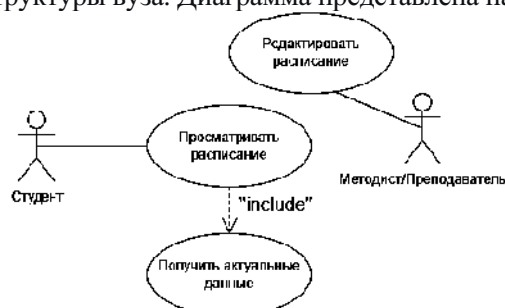


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Диаграмма последовательности

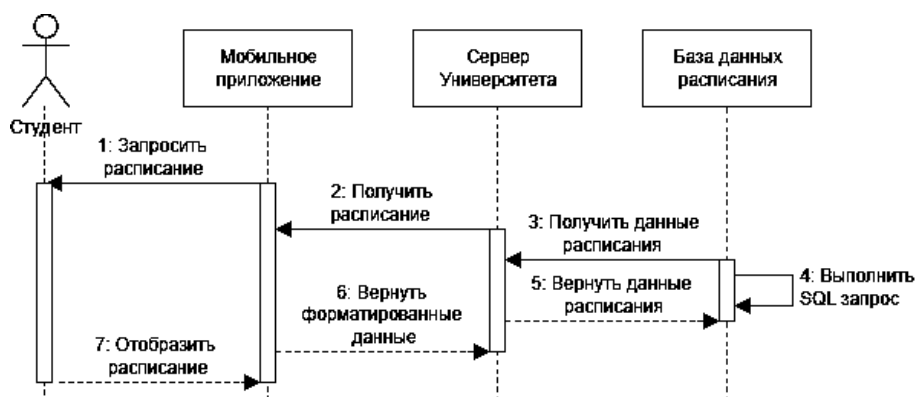


Рис. 2. Диаграмма последовательности для актора «Студент»

Диаграмма последовательности для сценария «Просмотр расписания» (рисунок 2) детализирует взаимодействие актора «Студент» с системой. Универсальность данного сценария заключается в стандартной последовательности: запрос от клиентского приложения к серверу, запрос сервером данных из базы и возврат структурированного ответа. Аналогичным образом строится сценарий для «Методиста», где ключевым отличием является добавление этапа валидации данных на соответствие учебному плану. Диаграмма представлена на рисунке 3. Эти диаграммы представляют готовый шаблон взаимодействия для интеграции с любой backend-системой университета.

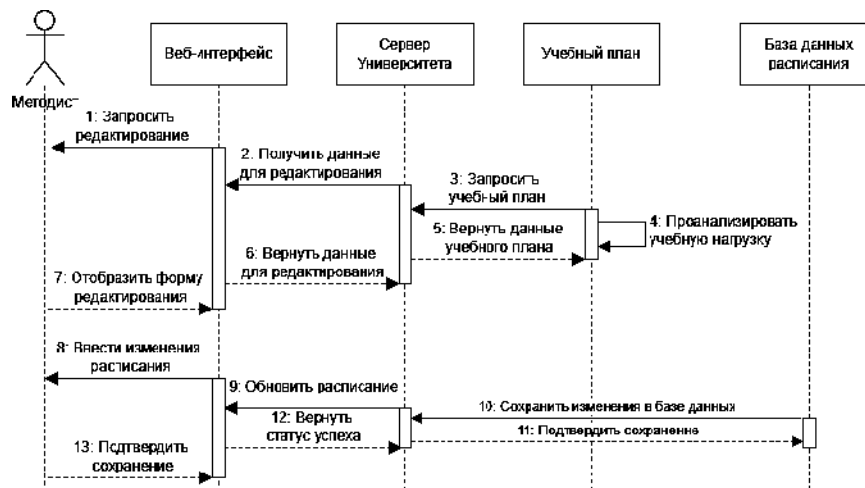


Рис. 3. Диаграмма последовательности для актора «Методист»

Диаграмма классов

Диаграмма классов представляет статическую структуру системы управления учебным расписанием вуза. Центральным элементом архитектуры является класс «Сервер университета», который координирует все операции с расписанием и обеспечивает взаимодействие между клиентскими приложениями и хранилищами данных. Система поддерживает два основных сценария использования: для студентов через «Мобильное приложение» с функциями просмотра расписания и для методистов через «Веб-интерфейс» с возможностью редактирования. Бизнес-логика системы включает валидацию изменений через класс «Учебный план», который проверяет соответствие нормам нагрузки, и класс «Расписание», обеспечивающий целостность данных. Хранение информации осуществляется в «Базе данных расписания», с которой сервер взаимодействует через SQL-запросы.

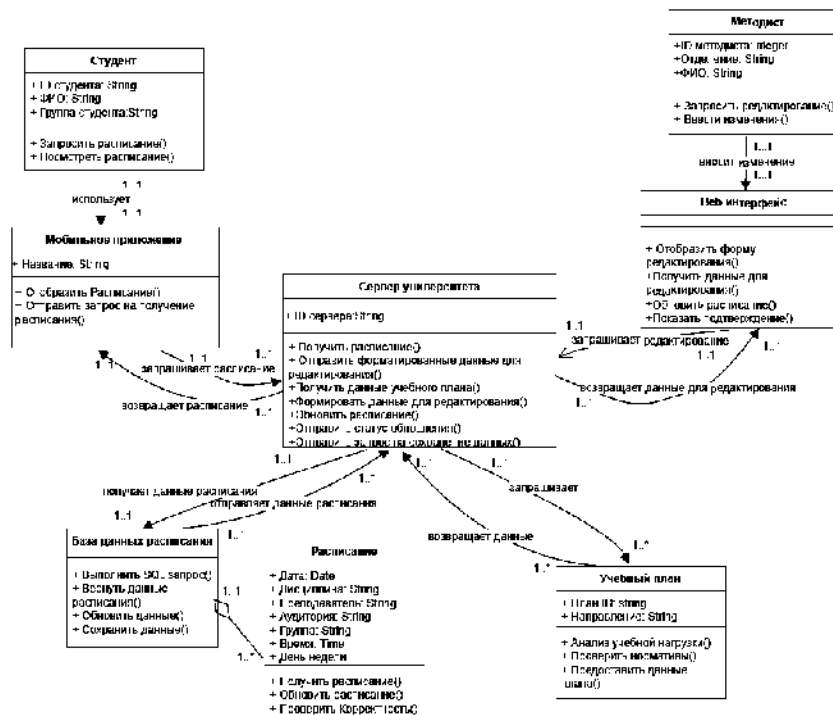


Рис. 5. Диаграмма классов

Диаграмма активности

Диаграммы активности для акторов «Студент» и «Методист» представленные на рисунках 6 и 7 визуализируют логику выполнения процессов для студента и методиста. Они детально описывают алгоритмы действий, точки принятия решений и потоки работ.

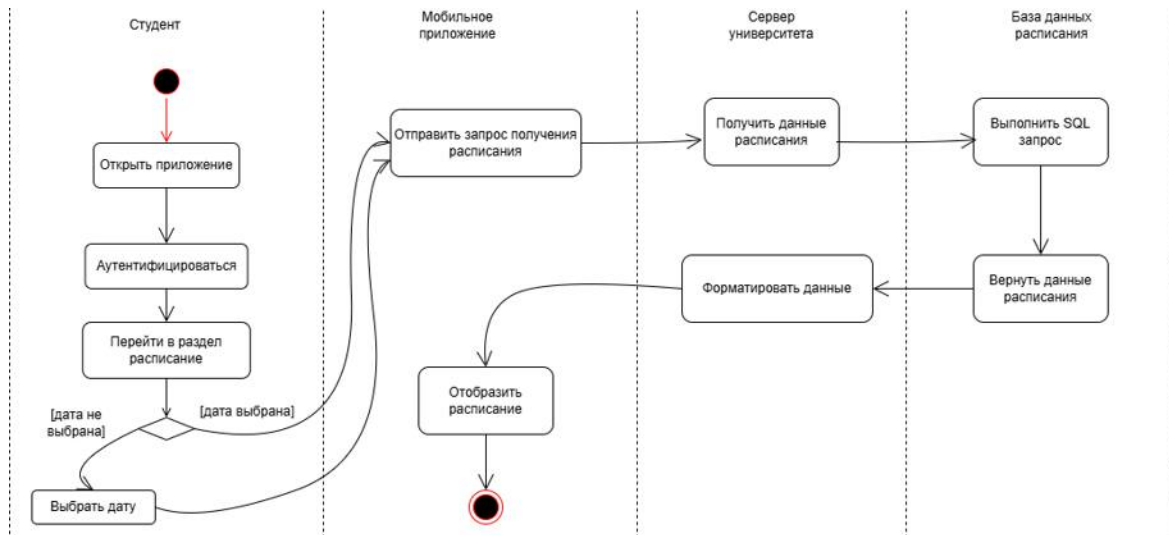


Рис. 6. Диаграмма активности для студента

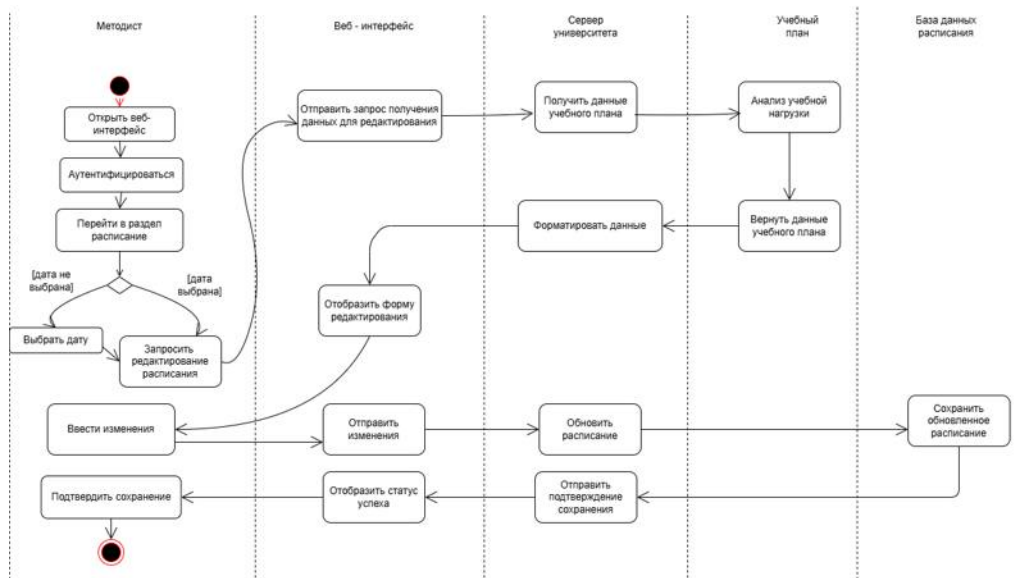


Рис. 7. Диаграмма активности для методиста

Диаграмма коммуникации

Диаграммы коммуникации для акторов «Студент» и «Методист», изображенные на рисунках 8 и 9 интегрируют информацию о взаимодействии объектов и их структурной организации. Они наглядно демонстрируют, как сообщения передаются между участниками процесса.

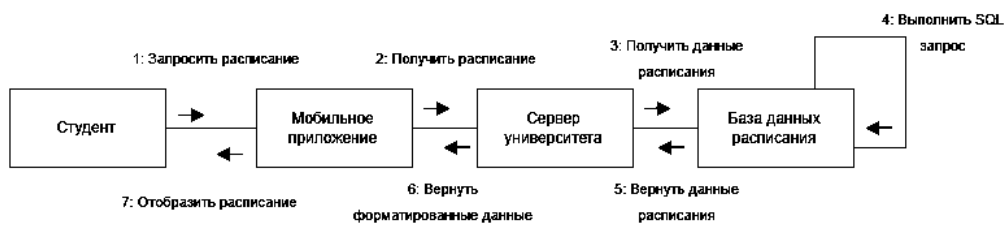


Рис. 8. Диаграмма коммуникации для студента

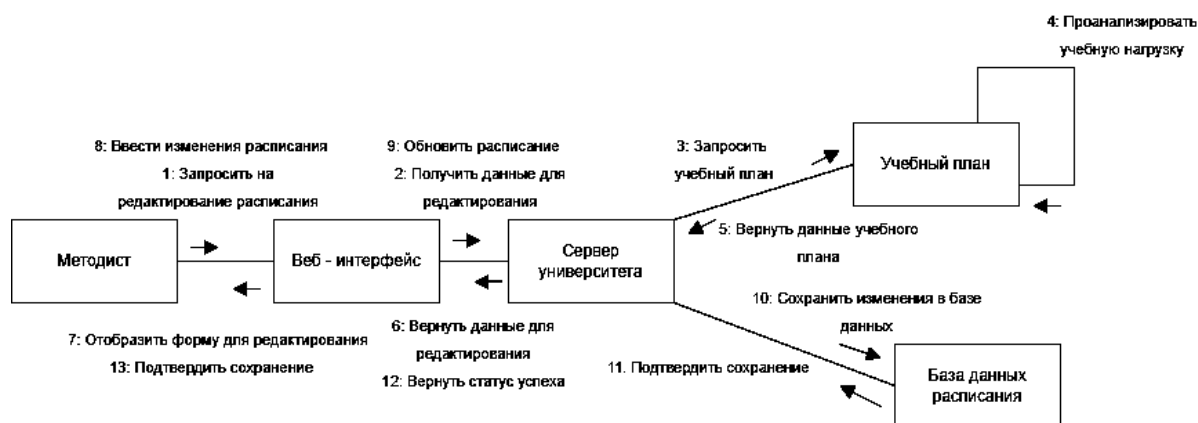


Рис. 9. Диаграмма коммуникации для методиста

В рамках данной работы была достигнута поставленная цель: разработаны универсальные модели ключевых бизнес-процессов вуза, поддерживаемых мобильным приложением. Проведенное исследование и моделирование на примере процесса «Просмотр расписания» показало, что ключевые функции студенческого сервиса являются типовыми и могут быть формализованы в виде набора UML-диаграмм. Разработанные диаграммы образуют универсальное ядро документации, которое может быть использовано в качестве готового технического задания для разработки мобильного приложения, адаптируемого под нужды различных университетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Уланов А. А., Мордовец Е. А. Мобильное приложение как инструмент цифрового представления информации для студентов // Цифровые трансформации в образовании (E-Digital Siberia 2025) : материалы IX Международной научно-практической конференции. Новосибирск : СГУПС, 2025. С.– 483с.
- 2 Алцыбеева И. Г., Фокина О. В. Бизнес-процессы: понятие, классификация, характеристика // Форум молодых ученых. 2018. № 12-1(28). С. 1-5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biznes-protsessy-ponyatie-klassifikatsiya-harakteristika/viewer> (дата обращения: 07.10.2025).
- 3 Бычков Я. В., Сизова О. В. Совершенствование процессов управления организацией на основе внедрения цифровых технологий // Проблемы экономики, финансов и управления производством. 2023. № 53. С. 1–7. URL: <https://reader.lanbook.com/journalArticle/1074488#1> (дата обращения: 11.10.2025).
- 4 Маран М. М. Программная инженерия: учебное пособие для вузов. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 196 с. ISBN 978-5-8114-9323-4. URL: <https://e.lanbook.com/book/189470> (дата обращения: 11.10.2025).
- 5 Смоленцева Т. Е., Ахмедова Х. Г., Ивахник Д. Е. Анализ и концептуальное моделирование систем. Практикум: учебное пособие. Москва: РТУ МИРЭА, 2022. 87 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/310994> (дата обращения: 16.10.2025).
- 6 Деваев В. М. Методы структурного моделирования информационных систем : учебное пособие. Казань: КНИТУ-КАИ, 2017. 264 с. ISBN 978-5-7579-2296-6. URL: <https://e.lanbook.com/book/156056> (дата обращения: 17.10.2025).

УДК 004.42;372.851;372.862;510.6

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НАСТРАИВАЕМОГО ГЕНЕРАТОРА БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ

М. Н. Федоров, Д. А. Эздеков, А. П. Припутников

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В современном учебном процессе по дисциплинам, связанным с математической логикой, теорией автоматов, цифровой электроникой и информатикой, особое значение имеет практическое освоение принципов построения и анализа булевых функций [1-3]. Для эффективного выполнения лабораторных и практических работ обучающимся необходимо иметь доступ к инструментам, позволяющим быстро и удобно генерировать булевы функции различной сложности с возможностью настройки параметров: количество переменных, количество операций и используемые операции при составлении выражения.

Целью данной работы является разработка программного средства, реализующего настраиваемый генератор булевых функций для использования в учебных целях, при проведении лабораторных и практических занятий, а также для самостоятельной подготовки студентов.

Разработка выполнена с использованием HTML, CSS, JavaScript и React, что обеспечивает кроссплатформенность, простоту развертывания и доступность приложения через веб-браузер без необходимости установки дополнительных инструментальных сред. Использование данных технологий позволяет создать интерактивный интерфейс, обеспечивающий удобное взаимодействие пользователя с программой.

Разработанное программное обеспечение для генерации булевых функций $f(x, y, z)$ представлено в виде Веб-приложения, которое включает три функциональные вкладки: «Главная», «Настройки» и «Справка». Основная вкладка, изображённая на рисунке 1, служит центральным интерфейсом взаимодействия пользователя с программным обеспечением. В центральной части отображается результат работы генератора – сгенерированная булева функция $f(x, y, z)$, что позволяет пользователю сразу оценить итоговую форму логической функции.

В нижней части интерфейса располагается блок параметров, используемых в процессе генерации булевых функций. Параметры задают различные характеристики и ограничения создаваемой функции, включая количество переменных (см. рисунок 1 – «Используемые переменные»), тип логической формулы (см. рисунок 1 – «Активные операции»), уровень сложности выражения (см. рисунок 1 – «Количество операций»), определяющие структурные и функциональные свойства сгенерированной функции $f(x, y, z)$.

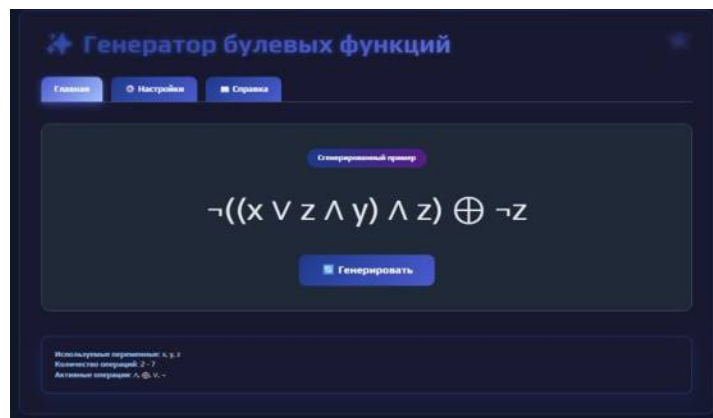


Рис. 1. Внешний вид генератора булевых функций: вкладка «Главная»

Внешний вид вкладки «Настройки» генератора булевых функций представлен на рисунке 2. Данная вкладка предназначена для изменения и уточнения параметров, определяющих структуру и сложность генерируемой булевой функции $f(x, y, z)$. Пользователь обладает возможностью гибко управлять процессом генерации, обеспечивая создание функций, соответствующих конкретным требованиям исследовательских или инженерных задач.

Вкладка «Настройки» включает изменение параметров для выходной функции $f(x, y, z)$, а именно:

1. «Количество переменных» – данный параметр позволяет пользователю задать число переменных, участвующих в формировании булевой функции. Диапазон допустимых значений варьируется от 2 до 5, что обеспечивает возможность генерации как простых, так и сравнительно сложных логических выражений.
2. «Минимальное количество операций» – параметр, задающий нижнюю границу числа логических операций, включаемых в создаваемую функцию. Допустимый диапазон значений составляет от 1 до 15, что позволяет контролировать минимальную логическую сложность генерируемой функции.
3. «Максимальное количество операций» – параметр, определяющий верхнюю границу числа логических операций в булевой функции. Допустимый диапазон совпадает с минимальным (от 1 до 15), при этом значение не может быть меньше установленного минимального числа операций, что обеспечивает корректность и непротиворечивость конфигурации генератора.

Использованные операции при генерации функций, приведенные в таблице [4-6], формируют набор базовых логических элементов из которых строится итоговая булева функция. Представленные возможности обеспечивают гибкость генератора и возможность создания функций различного уровня сложности, что является актуальным для исследовательских задач, анализа алгоритмов и проектирования цифровых схем.

Таблица

Используемые логические операции																
Переменная \ Тип операции																
		Константа 0	Конъюнкция ($x \wedge y$)	Запрет по y ($\neg x \wedge y$)	Повторение x ($= x$)	Запрет по x ($\neg y \wedge x$)	Повторение y ($= y$)	Исключающее ИЛИ ($x + y$)	Дизъюнкция ($x \vee y$)	Стрелка Пирса ($x \downarrow y$)	Эквивалентность ($x \equiv y$)	Импликация ($y \rightarrow x$)	Отрицание x $\neg x$	Импликация ($x \rightarrow y$)	Штрих Шеффера ($x y$)	Константа 1
x	y	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{14}	f_{15}
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1

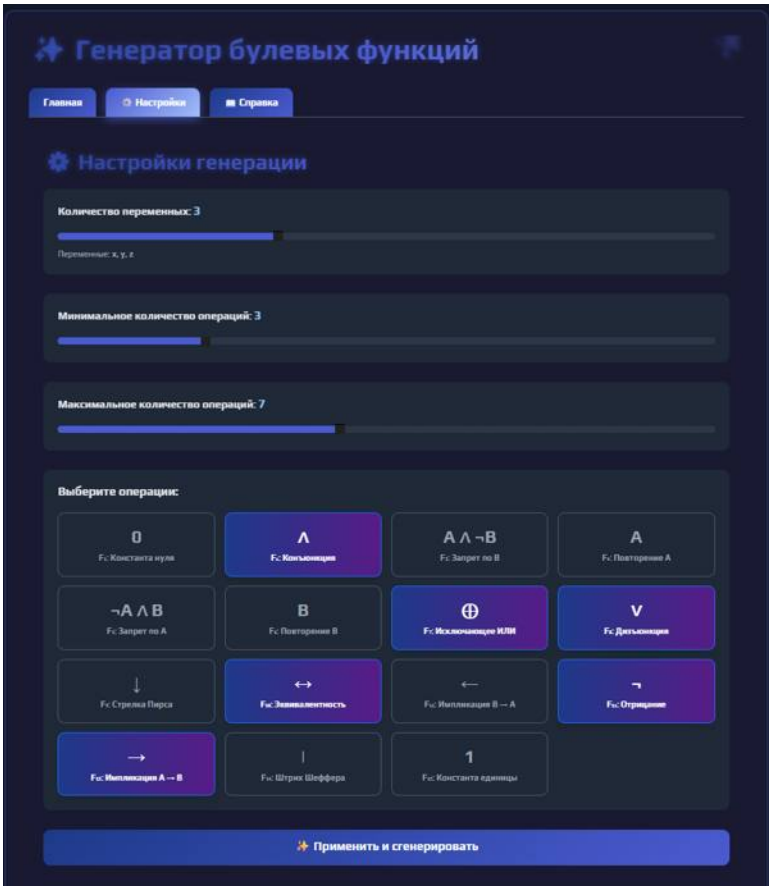


Рис. 2. Внешний вид генератора булевых функций: вкладка «Настройки»

Внешний вид вкладки «Справка» генератора булевых функций представлен на рисунке 3. Данная вкладка предназначена для предоставления пользователю справочной информации, необходимой для эффективного взаимодействия с программным обеспечением и правильной интерпретации результатов генерации. Вкладка содержит сведения о доступных переменных и базовых функциях булевой алгебры (см. таблицу), что позволяет пользователю лучше понимать структуру создаваемых функций и корректно настраивать параметры генерации.

Интерфейс вкладки «Справка» организован таким образом, чтобы обеспечивать удобный доступ к информации и снижать вероятность ошибок при работе с генератором. В нижней части окна размещена функциональная кнопка, позволяющая пользователю инициировать процесс генерации булевой функции сразу после настройки параметров, без необходимости переключения между вкладками, что повышает эргономику работы с программой и ускоряет процесс создания функций, особенно при проведении серии экспериментов с различными конфигурациями параметров.

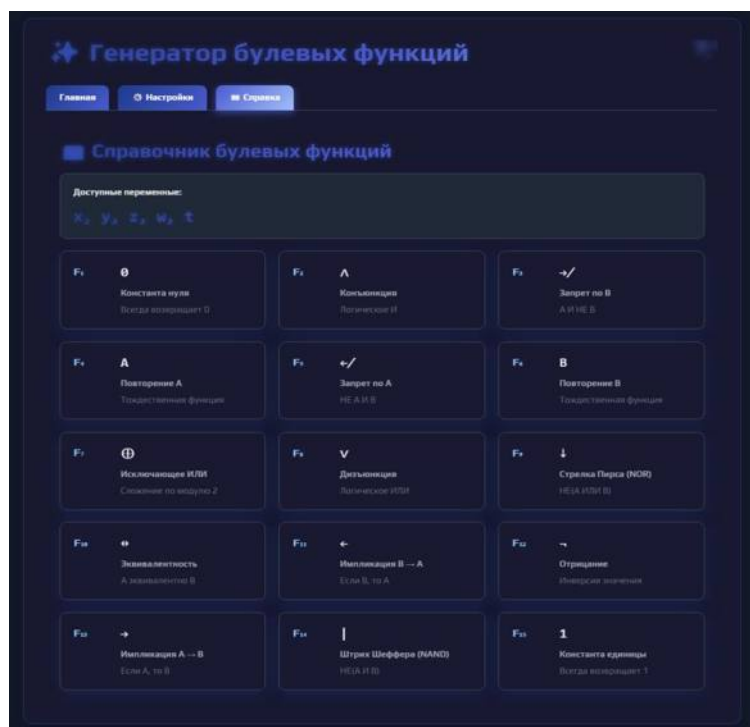


Рис. 3. Внешний вид генератора булевых функций: вкладка «Справка»

Реализация такого генератора способствует повышению эффективности учебного процесса, облегчает освоение теоретического материала [4-7] и способствует формированию практических навыков работы с булевыми выражениями и логическими операциями [7]. Программа предназначена для упрощения изучения дискретной математики студентами и облегчения преподавания за счёт удобного интерактивного интерфейса и возможности настройки параметров функций [2, 8].

В перспективе планируется расширение функциональных возможностей разработанного генератора булевых функций, в соответствии с материалом, изложенным в работах [4, 5]. В частности, одним из приоритетных направлений является внедрение механизма автоматического построения таблиц истинности для сгенерированных функций. Реализация данной возможности позволит пользователю наглядно визуализировать поведение логических выражений для всех комбинаций входных переменных, что существенно облегчает анализ структуры и свойств функций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Горюшкин, А. П. О применении компьютерной техники при изучении дисциплины «дискретная математика» / А. П. Горюшкин // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе : материалы XIII Всероссийской научно-методической конференции, Омск, 05–06 апреля 2024 года. Омск: Омский государственный технический университет, 2024. С. 20-21. EDN CQRAFL.
- 2 Водолад, С. Н. Методические особенности использования визуализаторов в преподавании дискретной математики / С. Н. Водолад // Актуальные исследования в области математики, информатики, физики и методики их изучения в современном образовательном пространстве : результаты исследований в области математики, информатики, физики и методики их изучения при реализации образовательных программ высшего образования. Том Выпуск 2. Курск : Курский государственный университет, 2017. С. 30-33. EDN XVUSLZ.
- 3 Можей, Н. П. Изучение дискретной математики с применением информационных технологий / Н. П. Можей // Современные информационные технологии в образовании : МАТЕРИАЛЫ XXXI КОНФЕРЕНЦИИ, Троицк-Москва, 02–03 июля 2020 года. Троицк-Москва: Фонд новых технологий в образовании «Байтик», 2020. С. 209-211. EDN JALBVC.
- 4 Тишин, В. В. Дискретная математика в примерах и задачах / В. В. Тишин. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2010. 352 с. ISBN 978-5-9775-0232-0. EDN SDPQHZ.
- 5 Тюрин, С. Ф. Дискретная математика: Практическая дискретная математика и математическая логика / С. Ф. Тюрин, Ю. А. Аляев. Москва : Финансы и статистика, 2010. 385 с. ISBN 978-5-279-03463-5. EDN SUPXYT.
- 6 Математика. Дискретная математика : Учебник / В. Ф. Золотухин, В. В. Олышанский, С. В. Мартемьянов [и др.]. Ростов-на-Дону : Институт водного транспорта имени Г.Я. Седова – филиал «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова», 2016. 129 с. EDN YQWKVL.

- 7 Борзунов, С. В. Задачи по дискретной математике с алгоритмами на Python / С. В. Борзунов, С. Д. Кургалин. 2-е издание, переработанное и дополненное. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2022. 592 с. ISBN 978-5-9775-1214-5. EDN KPTJHY.
- 8 Киселева, Т. А. Особенности методики преподавания курса дискретной математики в ВУЗе / Т. А. Киселева // Проблемы современного аграрного образования: содержание, технологии, качество : материалы Международной научно-методической конференции, Волгоград, 03–07 мая 2018 года. Том Часть 2. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. С. 233-237. EDN ANGOML.

УДК 678-419:004.925.84

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ПЕЧАТИ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

И. О. Харитонов, М. И. Баулин

Пензенский техникум железнодорожного транспорта – филиал ПривГУПС

Введение. Современная железнодорожная отрасль, являясь кровеносной системой экономики многих стран, сталкивается с постоянным вызовом: необходимостью повышать эффективность, надежность и устойчивость при одновременном снижении эксплуатационных затрат. В этих условиях на первый план выходят инновационные технологии, способные кардинально трансформировать устоявшиеся производственные и логистические процессы. Одной из таких ключевых технологий-драйверов является аддитивное производство, более известное как 3D-печать.

В отличие от традиционных субтрактивных методов, предполагающих удаление материала, аддитивные технологии основаны на послойном создании объекта на основе цифровой модели. Этот принцип открывает беспрецедентные возможности для проектирования и производства сложноорганизованных компонентов, оптимизации их веса и функциональности. В контексте железнодорожного транспорта 3D-печать постепенно переходит из стадии эксперимента и проектирования в область серийного применения, охватывая создание уникального инструмента, производство запчастей по требованию и даже изготовление критически важных деталей подвижного состава и устройств обслуживания железнодорожной отрасли.

Данная работа посвящена анализу текущего состояния и перспектив внедрения технологий 3D-печати в железнодорожной отрасли. В ней рассматриваются ключевые направления их применения, оцениваются экономические и операционные преимущества, а также анализируются вызовы и барьеры, связанные с их широкомасштабным внедрением.

2. Применение 3D-печати в железнодорожной промышленности DeutscheBahn 3D-печать металлической запасной части железнодорожной инфраструктуры

Немецкая железнодорожная компания DeutscheBahn стала одним из пионеров в использовании 3D-печати для производства запасных частей. За последние несколько лет DeutscheBahn применила аддитивные технологии для изготовления более чем 100 различных деталей. Большинство из них уже не производятся и это может привести к месяцам простоя транспортного средства, что скажется на прибыли компании.

Одним из примеров такой детали является крышка подшипника колесной пары для локомотива класса 294. Эта модель была введена в эксплуатацию в 1960-х и 1970-х годах, и запасные части для некоторых элементов, таких как эта крышка, отсутствуют.

Традиционно DeutscheBahn должна была изготовить новую деталь, используя процесс литья. Однако этот метод скорее подходит для многосерийного производства, а поставка готовых деталей может занять несколько месяцев. В качестве альтернативы компания выбрала аддитивное производство, поскольку 3D-печать позволила бы создать эту деталь быстрее и в соответствии со всеми требованиями заказчика.

Компания обратилась в сервисное бюро, которое выполнило 3D-печать крышки подшипника с использованием технологии дуговой сварки (WAAM), где в качестве сырья используется проволока. Проволока подается через сопло и сваривается, слой за слоем, в конечную деталь. Деталь весом 13 кг была напечатана всего за 7 часов, что дало возможность компании DeutscheBahn быстро получить запасную часть, значительно сократить затраты на производство и запустить поезд в эксплуатацию.

SiemensMobility: Напечатанные инструменты

SiemensMobility, компания, специализирующаяся на создании «умных» транспортных систем и железнодорожных технологий, внедрила 3D-печать в своем сервисном центре RRX Rail не только для производства запасных частей, но и для изготовления сложных инструментов.

Например, для нового депо технического обслуживания Siemens напечатала на важный соединительный инструмент, используемый при обслуживании тележки поезда (тележка - это конструкция, на которой закреплена ось колесной пары). Его довольно сложно изготовить традиционными методами, поскольку элемент имеет сложную форму и требует индивидуального проектирования.

Кроме того, тележки весят несколько тонн, а значит должны быть изготовлены из прочных и долговечных материалов, способных выдержать значительные нагрузки, возникающие при движении поезда.

В качестве альтернативы традиционным методам команда центра использовала технологию FDM и промышленный материал ULTEM 9085. 3D-печать позволила SiemensMobility легко спроектировать модель и заменить традиционные методы производства этого инструмента. Компания также отмечает, что 3D-печать позволила ей снизить зависимость от поставок, а также сократить стоимость деталей.

Опыт компании AngelTrains при внедрении 3D-печати

Лизинговая железнодорожная компания AngelTrains освоила 3D-печать элементов для интерьера поездов, таких как подлокотники, поручни и столики на спинках сидений. Для примера, производство подлокотника на 3D-принтере заняло всего неделю, что на 94 % меньше, чем при использовании традиционных методов производства.

Для 3D-печати запасных частей AngelTrains использует технологию FDM в сочетании с высокотемпературным термопластиком ULTEM 9085. Данный материал отвечает стандартам железнодорожной промышленности, в частности, железнодорожному стандарту EN45545-2 по пожаробезопасности, и обладает более высокой огнестойкостью и долговечностью, чем традиционные термопластики.

3D-печать также помогла компании AngelTrains изготовить новые поручни. Оригинальные детали были устаревшими, а поставщик ушел с рынка. Создание запасной детали традиционным способом потребовало бы изготовления новой технологической оснастки, что могло повлечь расходы в размере нескольких десятков тысяч долларов и сроки изготовления до двух с половиной месяцев. Однако использование технологии FDM позволило компании изготовить все семь поручней всего за три недели и по значительно более низкой цене.

AngelTrains также рассматривает возможность 3D-печати столиков для спинок сидений со шрифтом Брайля, информирующим пассажира о том, что туалет находится в десяти рядах от его места. Такие решения позволяют значительно улучшить обслуживание поездов и повысить комфорт пассажиров.

Достижения CAF в области 3D-печати

CAF, испанский производитель железнодорожных транспортных средств, оборудования и автобусов, также преуспел в использовании 3D-печати для производства запасных частей и функциональных компонентов. С сентября 2016 года CAF произвела около 2 400 деталей методом 3D-печати для использования в своем подвижном составе, включая подстаканники, крепления для радиоприемников, оконные рамы, стеклоочистители и дверные опоры.

Компания также использует крупноформатную 3D-печать для производства корпусных деталей размером до нескольких метров. Среди таких деталей - передняя часть для трамвая Urbos, выделенная зеленым пунктиром на фото. По мнению CAF ключевым преимуществом аддитивных технологий является возможность производства деталей различных размеров и сложной геометрии. По словам представителей компании, они позволяют отказаться от использования пресс-форм и оригинальных моделей, что сокращает время вывода новой детали на рынок.

3. Технологии 3D-печати, используемые для производства железнодорожных деталей

1. Технологии для металлических деталей

Это наиболее критически важная группа технологий для создания прочных, надежных и часто используемых в силовых узлах деталей.

a. PBF (PowderBedFusion) – Наплавление на порошковом слое

Это самая распространенная технология для производства сложных металлических деталей в промышленности.

- **Как работает:** Лазерный или электронный луч (пучок) послойно плавит тонкий слой металлического порошка в камере с инертным газом.

- **Основные типы:**

- **SLM (SelectiveLaserMelting) / DMLS (DirectMetalLaserSintering):** Полное переплавление порошка для создания плотных (до 99.99 %) и прочных деталей. Фактически, это синонимы в промышленной среде.

- **EBM (ElectronBeamMelting):** Использует электронный пучок в вакууме. Процесс быстрее, но детали имеют более шероховатую поверхность. Хорош для жаропрочных сплавов.

- **Железнодорожные применения:**

- Критические кронштейны и элементы подвески.

- Топологически оптимизированные компоненты (облегченные с сохранением прочности).

- Сложные теплообменники и каналы охлаждения.
- Восстановление устаревших запчастей.

• **Материалы:** Нержавеющая сталь, алюминиевые сплавы (AlSi10Mg), титановые сплавы (Ti6Al4V), жаропрочные никелевые сплавы (Inconel).

b. DED (Directed Energy Deposition) – Направленное энергетическое наплавление

• **Как работает:** Металлический порошок или проволока подается в зону фокусировки мощного лазера или электронного пучка, где происходит их расплавление и послойное наращивание.

• **Ключевая особенность:** Может работать не только в камере, но и на больших поверхностях (например, для ремонта крупных деталей).

• **Железнодорожные применения:**

○ **Ремонт и восстановление:** Восстановление изношенных поверхностей осей, шестерен, валов и других высокоценных компонентов.

○ Создание крупногабаритных деталей (хотя с меньшей точностью, чем PBF).

• **Материалы:** Широкий спектр сплавов, включая инструментальные стали.

2. Технологии для полимерных (пластиковых) деталей

Используются для менее нагруженных, но не менее важных компонентов: от элементов интерьера до специализированного инструмента.

a. FFF/FDM (Fused Filament Fabrication / Fused Deposition Modeling) – Послойное нанесение расплава

• **Как работает:** Пластиковая нить (филамент) подается в экструдер, плавится и послойно укладывается, формируя деталь.

• **Преимущества:** Дешевизна, простота использования, широкий выбор материалов.

• **Недостатки:** Сравнительно низкая прочность и стойкость к температуре (если не использовать инженерные пластики).

• **Железнодорожные применения:**

○ **Прототипирование:** Быстрое создание моделей для проверки дизайна и сборки.

○ **Оснастка и инструмент:** Ключи, кондукторы, захваты, шаблоны для сверления.

○ **Элементы интерьера:** Держатели, крышки, декоративные панели, ручки.

○ **Корпуса для электроники.**

• **Материалы:** ABS, PLA, PET-G, Nylon (PA), PEI (Ultem) – последние обладают высокой прочностью и термостойкостью.

b. SLS (Selective Laser Sintering) – Селективное лазерное спекание

• **Как работает:** Лазер послойно спекает порошок из термопластика.

• **Ключевое преимущество:** Не требует поддержек, что позволяет создавать очень сложные и взаимосвязанные геометрии.

• **Железнодорожные применения:**

○ Создание функциональных и прочных пластиковых деталей сложной формы.

○ Серийное производство специализированных компонентов (например, сложные воздухопроводы, корпуса с внутренними каналами).

• **Материалы:** Nylon (PA12, PA11), композитные порошки (наполненные стеклом или алюминием).

c. MJF (MultiJetFusion) – Многоструйное сплавление

• **Как работает:** Специальная жидкость-активатор наносится струйной головкой на слой полимерного порошка в тех местах, где нужно спекание. Затем слой обрабатывается инфракрасным излучением, и активированные области спекаются.

• **Преимущество:** Высокая скорость и однородность механических свойств деталей по всему объему.

• **Железнодорожные применения:** Аналогично SLS, но часто экономически выгоднее для мелкосерийного производства.

4. Преимущества 3D-печати в железнодорожной промышленности

1. Снижение затрат на производство

Одним из самых значительных преимуществ аддитивных технологий является снижение стоимости производства. В традиционном производственном процессе для создания сложных частей требуются дорогостоящие инструменты, формы и пресс-формы, которые могут стоить десятки или сотни тысяч долларов. Это требует больших временных затрат на подготовку и согласование всех процессов.

С помощью 3D-печати таких затрат удастся избежать, поскольку печать компонента происходит непосредственно по цифровой модели, без необходимости в дополнительных инструментах. Это особенно важно для создания небольших серий или уникальных деталей, которые в противном случае не

были бы экономически оправданы. Кроме того, 3D-печать снижает отходы материалов, что также способствует снижению расходов.

2. Ускорение разработки и производства

В железнодорожной отрасли время – это деньги. Традиционное производство требует больших временных затрат на подготовку, проектирование и создание прототипов. Создание новой детали или модификация существующей может занять недели или даже месяцы. Однако с использованием 3D-печати процесс прототипирования значительно ускоряется.

Инженеры и конструкторы могут быстро создать прототипы деталей, тестировать их и вносить изменения в реальном времени, что ускоряет процесс разработки. Например, новая деталь может быть напечатана в течение нескольких часов или дней, а не недель. Этот процесс позволяет производителям быстро адаптироваться к изменениям на рынке и требованиям клиентов, а также минимизировать время простоя оборудования.

3. Индивидуализация и кастомизация компонентов

3D-печать позволяет разрабатывать компоненты, которые идеально подходят для специфических нужд. В железнодорожной отрасли часто встречаются уникальные требования к деталям, например, нестандартные размеры, формы или материалы, которые сложно или невозможно создать с использованием традиционных методов.

С помощью 3D-печати можно легко создать индивидуальные детали, которые точно соответствуют техническим условиям и потребностям. Это позволяет производить не только стандартные компоненты для массового производства, но и уникальные элементы для специальных моделей подвижного состава или инфраструктурных объектов, требующих индивидуального подхода.

4. Оптимизация использования материалов

Аддитивные технологии обладают важным преимуществом – они значительно снижают количество отходов материалов. В традиционных методах производства часть материала теряется в процессе фрезеровки, литья или формовки, а в случае 3D-печати материал используется исключительно для создания готового объекта.

Кроме того, использование высококачественных материалов, таких как металл или углеродное волокно, может быть оптимизировано для достижения высокой прочности и легкости компонентов при минимальных затратах. Это особенно важно в железнодорожной отрасли, где качество и долговечность деталей имеют критическое значение для безопасности и эффективности эксплуатации.

5. Улучшение качества и надежности деталей

3D-печать позволяет создавать более сложные геометрии, которые трудно или невозможно изготовить с помощью традиционных методов. Например, можно создавать детали с внутренними полостями или оптимизированными структурами, которые могут повысить прочность при меньшем весе. В железнодорожной промышленности это может быть полезно для создания компонентов с улучшенными характеристиками, такими как устойчивость к усталости металла, сопротивление износу и более высокая коррозионная стойкость.

Кроме того, 3D-печать позволяет использовать материалы, специально предназначенные для высоконагруженных и ответственных частей, что также повышает долговечность и надежность компонентов.

6. Быстрое восстановление и ремонт

Еще одним важным преимуществом 3D-печати является возможность быстрого восстановления и ремонта деталей. На железной дороге часто возникают ситуации, когда необходимо заменить или отремонтировать поврежденный компонент, и делать это нужно как можно быстрее, чтобы минимизировать простои и потери. С помощью 3D-печати можно напечатать запасную часть прямо на месте, по чертежам оригинальной детали или с использованием сканирования поврежденного компонента.

Эта возможность позволяет не только сэкономить время, но и снизить затраты на транспортировку и доставку запасных частей, особенно если речь идет о труднодоступных местах, где традиционные методы ремонта и доставки могут быть слишком затратными и долгими.

7. Экологичность и устойчивость

Внедрение 3D-печати в железнодорожное производство способствует повышению устойчивости отрасли к экологическим вызовам. Печать позволяет минимизировать отходы материалов, использовать перерабатываемые и экологически чистые компоненты, а также создавать более энергоэффективные конструкции. Например, создание более легких и прочных деталей может снизить энергозатраты на эксплуатацию подвижного состава, что приведет к уменьшению углеродного следа и улучшению экологической ситуации.

Заключение

3D-печать представляет собой настоящую революцию в железнодорожном производстве. Благодаря своим многочисленным преимуществам – снижению затрат, ускорению процессов, улучшению

качества, экологичности и возможности кастомизации – она меняет подходы к созданию и обслуживанию железнодорожного оборудования. В будущем эта технология имеет все шансы стать неотъемлемой частью индустрии, создавая новые возможности для повышения эффективности, безопасности и устойчивости транспортных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Вакуленко С. П., Головнич А. К. Основы проектирования трёхмерных динамических моделей железнодорожных станций: учебник. М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2022. 384 с.
- 2 Соломенцева С. Б. 3D-моделирование и визуализация: учебно-методическое пособие. Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2019. 80 с.
- 3 Шкуро А. Е., Кривоногов П. С. Технологии и материалы 3D-печати: учеб. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

УДК 519.216.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СДВИГА ИЗМЕРЕНИЙ ПОПЕРЕЧНОГО УРОВНЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА МЕТОДОМ КРОСС-КОРРЕЛЯЦИИ

Д. А. Шаталов, Д. В. Иванов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Надёжность и безопасность движения подвижного состава в значительной степени зависит от состояния геометрии железнодорожного пути. Геометрия железнодорожного пути включает в себя множество параметров, например, ширина колеи, стрела прогиба, перекос, поперечный уровень. Они служат основными диагностическими показателями состояния железнодорожного пути при ежемесячном мониторинге. Такой показатель как поперечный уровень, характеризует разность высот между головками правой и левой рельсовой нити. Данный параметр геометрии железнодорожного пути напрямую влияет на безопасность и комфортабельность пассажирских перевозок, а также равномерность распределения нагрузок на элементы верхнего строения пути [1]. Исходя из отчётов Ространснадзора за первое полугодие 2025 года 28.9 % происшествий на железной дороге произошло по причине нарушений содержания пути [2].

В настоящее время ежемесячно проводится мониторинг состояния геометрии железнодорожного пути современными комплексами диагностики (путеизмерительными вагонами), благодаря чему накапливается большой объём данных, который можно использовать для анализа и прогнозирования дальнейшего состояния и возможных дефектов геометрии железнодорожного пути [3]. Однако, при сравнительном анализе измерений параметров геометрии железнодорожного пути выполненных в разные периоды времени часто возникает проблема несоответствия начала координат измерений, возникающий вследствие различных точек старта путеизмерительного вагона, ошибок и погрешностей оборудования. Такое смещение может сильно исказить результаты сопоставления рядов и может привести к неверным выводам и прогнозам о состоянии геометрии железнодорожного пути. На рисунке 1 показаны замеры за два разных месяца, как видно из графика сигналы имеют смещение относительно друг друга.

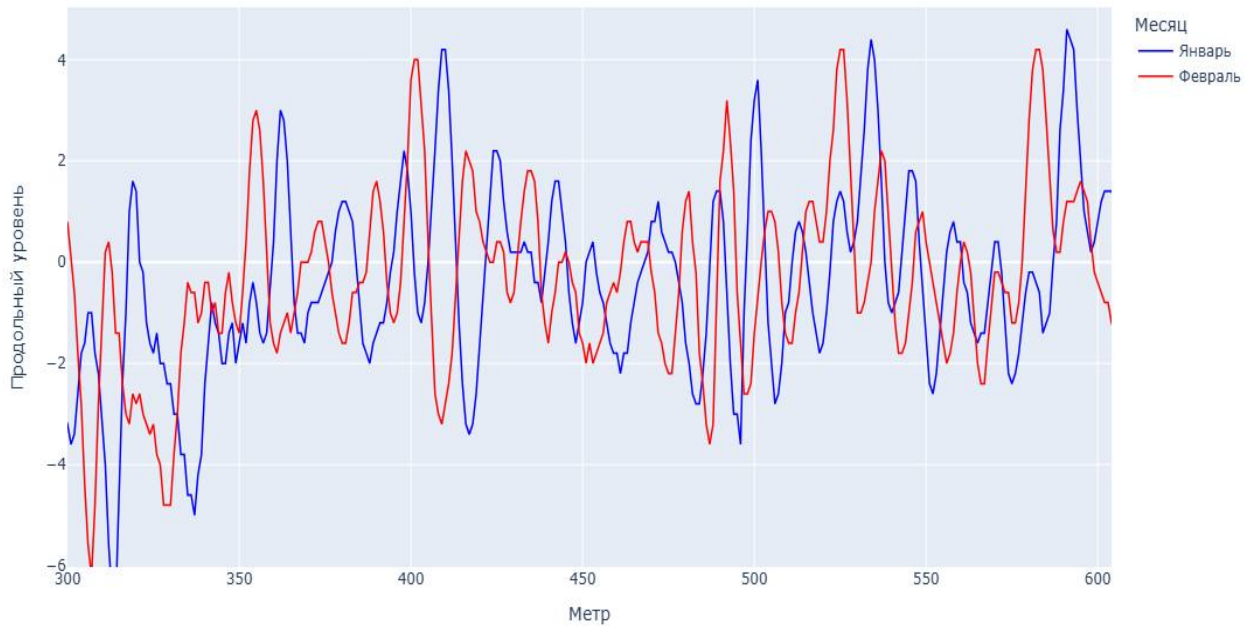


Рис. 1. Данные с путеизмерительных вагонов.

Для решения данной проблемы может быть применён метод кросс-корреляции, позволяющий рассчитать оптимальный сдвиг между рядами.

Целью данной работы является определение оптимального сдвига измерений поперечного уровня железнодорожного пути по данным мониторинга методом кросс-корреляции.

Основная часть. Метод кросс-корреляции [4,5] основан на вычислении сходства между двумя наборами данных при различных сдвигах одного набора данных относительно другого набора данных, формула имеет следующий вид (1):

$$R_{xy}(\tau) = \sum_{\tau} (x(t)) \cdot y(t + \tau). \quad (1)$$

В нашем случае имеются данные с путеизмерительных вагонов за два месяца (Январь, Февраль), пусть x_1 — набор данных за январь, а x_2 — набор данных за февраль, также вычитаем среднее значение из каждого набора данных, чтобы устранить влияние уровня, тогда формула кросс-корреляции будет иметь следующий вид (2):

$$R_{x_1x_2}(\tau) = \sum_{\tau} (x_1(t) - \bar{x}_1) \cdot (x_2(t + \tau) - \bar{x}_2), \quad (2)$$

где $R_{x_1x_2}$ — значение кросс-корреляции при сдвиге τ , $x_1(t), x_2(t)$ — значения измерений в момент t , $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ — средние значения.

Максимум функции $R_{x_1x_2}(\tau)$ соответствует оптимальному сдвигу $\tau_{\text{опт}}$, при котором сигналы наиболее совпадают по форме (3).

$$\tau_{\text{опт}} = \arg \max_{\tau} R_{x_1x_2}(\tau) \quad (3)$$

На рисунке 2 показан график после синхронизации методом кросс-корреляции.

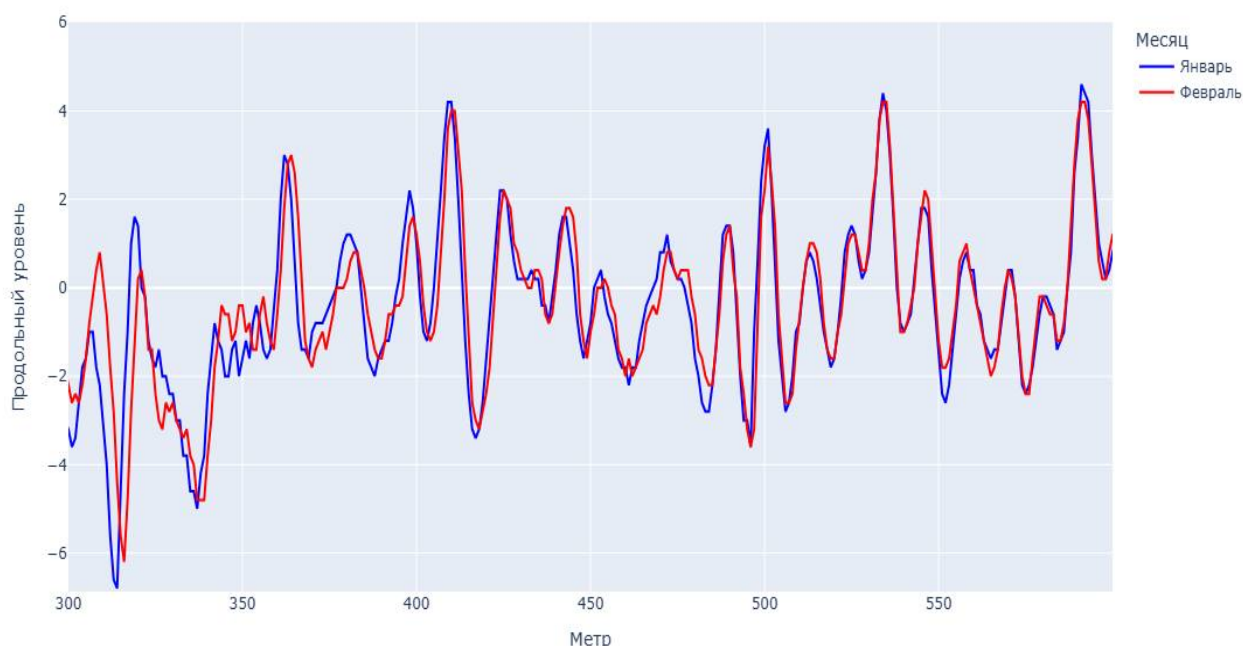


Рис. 2. Данные с путеизмерительных вагонов после применения метода кросс-корреляции.

Результаты и обсуждение. Построенная кросс-корреляционная функция для данных геометрии железнодорожного пути, конкретно, поперечного уровня, полученных с путеизмерительных вагонов показала, что максимум функции $R_{x_1x_2}(\tau)$ достигается при сдвиге $\tau_{\text{опт}} = +9$ точек, что соответствует смещению второго набора данных на 9 позиций относительно первого набора данных. Положительное значение $\tau_{\text{опт}}$ указывает на сдвиг февральских измерений вперёд, для выравнивания с январскими измерениями. Графическая визуализация показала, что до синхронизации данные имели значительное несоответствие пиков и впадин (Рисунок 1), что могло затруднять оценку и прогнозирование деградации геометрии железнодорожного пути. После применения метода кросс-корреляции для нахождения оптимального сдвига ситуация со смещением рядов заметно улучшилась, что демонстрирует рисунок 2.

Заключение. Кросс-корреляционный метод продемонстрировал высокую эффективность для синхронизации измерений геометрии железнодорожного пути, что делает его удобным инструментом для предобработки измерений поперечного уровня и других параметров геометрии железнодорожного пути.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Косенко, С. А. Причины отказов элементов железнодорожного пути на полигоне Западно-Сибирской железной дороги / С. А. Косенко, С. С. Акимов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2017. № 3(42). С. 26-34. EDN ZSMGXZ.
- 2 Информационно – аналитические и справочные материалы Госжелдорнадзора по безопасности движения поездов на железнодорожном транспорте Российской Федерации за январь – июнь 2025 года // Ространснадзор URL: <https://rostransnadzor.gov.ru/documents/5654> (дата обращения: 10.10.2025).
- 3 Шаталов, Д. А. Комбинированная модель прогнозирования дисперсии ширины железнодорожной колеи на основе робастной регрессии и ARMA / Д. А. Шаталов, Д. В. Иванов // Вестник СамГУПС. 2025. № 2(68). С. 163-168. EDN JCRQCP.
- 4 Cross - Correlation // GeeksforGeeks URL: <https://www.geeksforgeeks.org/data-science/cross-correlation/> (дата обращения: 17.10.2025).
- 5 Numpy.correlate // NumPy documentation – NumPy v2.3 Manual URL: <https://numpy.org/doc/stable/reference/generated/numpy.correlate.html#rd663958e4897-1> (дата обращения: 18.10.2025).

ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

В. В. Штанке

Ростовский государственный университет путей сообщения

Введение. Решение задачи внедрения цифровых технологий в устройства железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) [1] и базовой системы технико-диагностического мониторинга (ТДМ) состоит в том числе в определении пути информационного обмена между отделениями дороги, который может быть реализован за счет использования мобильных приложений и цифрового оснащения объектов дороги.

Цифровое оборудование устройств ЖАТ и оснащение цифровыми модулями путевых датчиков позволят снизить число отказов, повысить конкурентоспособность аппаратуры, обеспечить необходимый уровень надежности как отдельных устройств, так и системы в целом, получать расчетные и фактические (эксплуатационные) значения наработки аппаратуры на отказ, выявлять и устранять причины несоответствия надежности установленным требованиям, а также планировать эксплуатационные и экономические мероприятия по поддержанию требуемого уровня надежности аппаратуры.

Одним из направлений развития систем технико-диагностического мониторинга является создание технических средств, которые повышают надежность работы систем ЖАТ за счет выявления предаварийных состояний и своевременного информирования об этом. Системы ТДМ должны предоставлять возможность просматривать развитие событий во времени, что позволит анализировать и прогнозировать состояние контролируемых устройств [2]. Надежность и цифровая эффективность систем ЖАТ обеспечиваются несколькими аспектами. Цифровая надежность систем ЖАТ обеспечивается сочетанием технологических инноваций, стандартизацией процессов и внедрением киберзащищенных решений; такие подходы не только повышают безопасность железнодорожного движения, но и снижают эксплуатационные расходы на 18–25 %. Цифровая эффективность систем ЖАТ достигается интеграцией и стандартизацией современных технологий, оптимизацией и планированием эксплуатационных расходов, и повышением уровня информационно-коммуникационной безопасности [3]. Основные направления повышения эффективности систем ЖАТ включают интеграцию функций управления, использование геометрической логики безопасности и внедрение микропроцессорных технологий. Цифровые системы трансформируют железнодорожную отрасль, делая ее технологически актуальной, безопасной и экономически самокупаемой, однако скорость внедрения инноваций зависит от общей координации, подготовки специалистов и уровня кибербезопасности [4].

Применение цифровых технологий мониторинга колесных пар

Для повышения уровня диагностического мониторинга колесных пар подвижного состава, классификации сигналов и снижения ложных срабатываний путевых датчиков предлагается к внедрению разработанное в научно-внедренческом центре «Безопасности транспорта» РГУПС микропроцессорное устройство – блок формирования сигналов (БФС_Ш), с алгоритмами, основанными на математических моделях, искусственном интеллекте и машинном обучении. Микропроцессорное устройство БФС-Ш анализирует данные от датчиков, выявляет типовые последовательности и искажения, сигнализирующие о потенциальных неисправностях колесных пар (рис. 1).

```

- Используемая версия Python 3.12.3
Проверка наличия файла requirements.txt в корневом каталоге ...
- Проверка requirements.txt пройдена успешно!
Проверка виртуального окружения (env) ...
- Среда исполнения успешно подготовлена для запуска программы Terminal SCB-Sh v0.0.0.1!
Запуск программы ...

<< Терминал для взаимодействия с устройством БФС-Ш v0.0.0.1 >>

** Введите имя для файла логирования.. (ПРИМЕР для Linux-based ОС: /home/UserName/TestLog) -> lo
** Введите абсолютный путь для порта USB/RS-485. (ПРИМЕР для Linux-based ОС: /dev/ttyUSB0) -> /dev/ttyUSB0
** Введите адрес устройства БФС-Ш. (ПРИМЕР: 5) -> 5
** Введите название контролируемого участка пути. (ПРИМЕР: (1361 Километр) станция Техникум) -> (1361 Километр) станция Техникум

Автокорректировка Даты и Времени на устройстве БФС-Ш выполнена Успешно!

Подключение к сети отсутствует!, Убедитесь, что Дата и Время PC/Laptop установлены верно!

***** Начат процесс контроля (прослушивания) Ж/Д пути. Направление: '(1361 Километр) станция Техникум' *****

** Движение на Ж/Д пути отсутствует. Направление: (1361 Километр) станция Техникум **

Контрольная Точка: (1361 Километр) станция Техникум
Дата: 2025 Апрель 14 13:39:22
Дефект: Есть дефект на колесе!
Номер колесной пары проходящего вагона: 1
Количество прошедших вагонов: 0
Скорость прохода вагона контрольной точки (км/ч): 4.26
-----
Контрольная Точка: (1361 Километр) станция Техникум
Дата: 2025 Апрель 14 13:39:22
Дефект: Колесо без дефекта
Номер колесной пары проходящего вагона: 2
Количество прошедших вагонов: 0
Скорость прохода вагона контрольной точки (км/ч): 4.39
-----

```

Рис. 1. Информация от путевого датчика, выводимая на экран БФС-Ш

Принцип преобразования аналоговых сигналов в дискретный код (цифровой сигнал) с помощью встроенного аналого-цифрового преобразователя основан на дискретном преобразовании Фурье (ДПФ) – математическом инструменте, который предоставляет точную информацию о частотных характеристиках сигналов. Это ключевая операция в ряде алгоритмов цифровой обработки сигналов: ее эффективность существенно влияет на производительность, что особенно актуально в контексте цифровой обработки сигналов в режиме реального времени [5]. Разработанный метод цифровой обработки аналогового сигнала магнитоиндукционного датчика реализует алгоритм дискретного преобразования Фурье, что позволяет снизить вычислительные затраты при выполнении преобразований на массивах большой размерности. Например, чтобы найти спектр из n гармоник, потребуется $S_0 = n^2$ операций, поэтому суммы повторяющихся n гармоник вычисляют единожды и сохраняют их в памяти компьютера, что сокращает количество операций. Микропроцессорный блок анализирует получаемый аналоговый сигнал, последовательно сравнивает данные массивов из нескольких значений и реализует программный код определения скорости и изъема на гребне колеса:

```
DefectAnalysis.trendAssessment(DefectAnalysis.getMiddle(signalArguments))
```

```

def difectDetection(self) -> str:
    counter: int = 0
    while(counter < len(self.__signalArguments)):
        if(self.__signalArguments[counter] == 1):
            break
        counter += 1
    result: str = «Wheel has no defects»
    for element in range(counter, len(self.__signalArguments)):
        if(self.__signalArguments[element] == 0):
            result = «Wheel has no defects»
            break
    return result

```

Приведенный код написан в рамках объектно ориентированной парадигмы [6] и обеспечивает точный счет колесных пар, определяет занятость/незанятость участка пути и выявляет дефекты колес даже при высоких скоростях, вне зависимости от климатических условий [7]. Дальнейшее развитие методов цифровой обработки сигналов, модулированных путевыми датчиками, направлено на сопряжение с системами «больших данных» и включает интеллектуальный анализ, имитационное (математическое) моделирование развития событий, статистический анализ, хранение и передачу данных [8].

Анализ результатов разработки научно-внедренческого центра «Безопасность транспорта» позволяет выделить основные факторы, определяющие эффективность внедрения предлагаемого микропроцессорного устройства: это системность, информативность и экономия ресурсов.

Системность – это возможность встраивать микропроцессорное устройство БФС-Ш в существующие системы ЖАТ. Устройство БФС-Ш в системе КТСМ (комплекс технических средств контроля за состоянием подвижного состава) может служить оборудованием приема данных от путевых датчиков и напольных камер диагностики ходовой части железнодорожного состава. Эти данные обрабатываются и передаются через интерфейс RS-485 на сервер, в качестве протокола обмена данными используется ModbusRTU.

Информативность – данные мониторинга и информация о количестве осей передаются на один или несколько блоков управления (ПУ) с помощью защищенной системы передачи данных, соответствующей стандарту EN 501591, а наличие оперативной информации о прошедшем составе в режиме реального времени позволяет анализировать развитие событий.

Экономия ресурсов – магнитоиндукционный датчик с микропроцессорным устройством БФС-Ш прост в установке, подключении и предоставляет максимум информации благодаря гибкому программируемому интерфейсу.

Разработка и внедрение цифровых технологий обработки сигналов путевых датчиков на основе искусственного интеллекта позволят повысить эффективность систем технической диагностики и мониторинга, а также оперативность управления перевозочными процессами с использованием транспортных коридоров, транспортных узлов и стыковых пунктов [9].

Заключение

Цифровая интеллектуализация железнодорожного транспорта охватывает все подсистемы: путь, сигнализацию, энергоснабжение, автоматику и телемеханику. Интеграция этих подсистем и их масштабирование требуют платформенно-ориентированного подхода к созданию информационно-управляющей инфраструктуры. Этот подход основан на сочетании открытых и корпоративных стандартов, протоколов, интерфейсов, сетевого и прикладного программного обеспечения. Экономическая эффективность является ключевым фактором этого инновационного процесса, она характеризуется снижением затрат при реализации технологических процессов и устранением потерь в процессе эксплуатации. Такой подход формирует единую железнодорожную транспортную систему с уникальными свойствами наблюдаемости, прогнозируемости и управляемости, а также обеспечивает ее высокоэффективное использование на основе внедрения масштабируемых разнородных прикладных процессов и услуг. Наш научно-внедренческий центр «Безопасности транспорта» РГУПС НВЦ БТ вносит свой вклад в интеллектуализацию железнодорожного транспорта, разработкой и внедрением микропроцессорных блоков для путевых датчиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Надежкин В. А., Надежкина С. А., Мусин А. Р. О возможности применения технологий искусственного интеллекта для определения и прогнозирования технического состояния устройств железнодорожной автоматики и телемеханики // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2025 – Т. 22 – Вып. 2 – С. 484–491. DOI: 10.20295/1815-588X-2025-2-484-491
- 2 Железнодорожный транспорт в период четвертой индустриальной эпохи./ Малыгин И.Г., Титова Т.С., Комашинский В.И. Транспорт Российской Федерации. 2019. № 3 (82). С. 15-18.
- 3 Интеллектуальные функции управления в микропроцессорных системах централизации / А. Б. Никитин, О. А. Наседкин, А. А. Лыков [и др.] // Автоматика на транспорте. 2023. Т. 9, № 1. С. 63-71. DOI 10.20295/2412-9186-2023-9-01-63-71. EDN LZTVIU.
- 4 О важности интероперабельности для цифровой трансформации железнодорожного транспорта. Розенберг И.Н., Дулин С.К., Дулина Н.Г. Наука и технологии железных дорог. 2021. Т. 5, № 2 (18). С. 3-12.
- 5 Предиктивный анализ работы технических средств электрифицированных железных дорог в целях повышения их надежности. Бодров П.А., Жарков Ю.И., Ганашек А.Л. Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. 2021. № 3 (56). С. 4-6.
- 6 Объектно-ориентированное программирование : учебное пособие. Направление подготовки 09.03.02 – Информационные системы и технологии. Профиль подготовки «Прикладное программирование в информационных системах». Бакалавриат. Николаев Е. И. Ставрополь : Изд-во СКФУ, 2015. 225 с.
- 7 Реализация метода экспертных оценок в задачах конструирования вагонов на PYTHON. Булавин Ю.П. Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. 2024. № 2 (67). С. 138-142.
- 8 Инновации в диагностике колесных пар подвижного состава путевыми магнитоиндукционными датчиками. Соломин В.А., Штанке В.В. Техника железных дорог. 2024. № 1 (65). С. 32-37.
- 9 Сквозные цифровые технологии на железнодорожном транспорте. Дмитриев В.В., Гаранин М.А. Автоматика, связь, информатика. 2025. № 8. С. 2-6.

РАЗРАБОТКА WEB-ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ ПАСПОРТОВ НА РАЗРАБОТКУ ЦИФРОВЫХ СЕРВИСОВ

И. М. Шуркалин, Т. Б. Ефимова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. На сегодняшний день существует большое разнообразие подходов к построению паспортов различных объектов – производимом продукте, оборудовании и т.д. С их помощью можно видеть различные параметры объекта – его уровень, состояние, параметры, возможность модернизации, необходимость ремонта, сферы применения. Так как цифровые сервисы являются сложными объектами, важно разрабатывать для них паспорта, что даст в дальнейшем возможность использовать их максимально эффективно.

Благодаря автоматизации подготовки паспортов цифровых сервисов станет возможным более эффективное использование информации для разработки и заключения соглашений об уровне обслуживания. Также информация паспортов цифровых сервисов применяется при управлении активами и конфигурациями, обосновании бюджета.

Паспорт цифрового сервиса обязательно включает следующие разделы [1]:

1. Общие сведения о цифровом сервисе:

- подсистемы с описанием;
- используемое программное обеспечение/продукты;
- используемое аппаратное обеспечение;
- стоимость внедрения и сопровождения (как правило, в течение 1 года).

2. Состав цифрового сервиса:

- основные подсистемы/компоненты;
- вспомогательные компоненты/подсистемы (осуществляют мониторинг, управление регламентными работами, поставляют нужные ресурсы, контроль за нештатными ситуациями);
- средства защиты.

3. Эксплуатационные характеристики цифрового сервиса:

- бизнес-процессы, автоматизируемые цифровым сервисом;
- документы;
- восстановление и создание резервных копий (регламенты);
- управление учетными записями пользователей цифрового сервиса;
- техническая поддержка.

Для разработки web-интерфейса выбран следующий стек технологий: React, FastAPI, PostgreSQL, Tesseract. Для развертывания применяются Docker и GitLab CI/CD.

На рисунке 1 показаны особенности работы со справочником цифровых сервисов, создаваемом в рамках проекта. Логично сортировать цифровые сервисы по категориям, что облегчит и ускорит поиск информации. При открытии паспорта цифрового сервиса становится доступна вся необходимая информация: общие сведения (название, подсистемы, программное и аппаратное обеспечение, данные о функциональном заказчике, входные и выходные данные и др.).

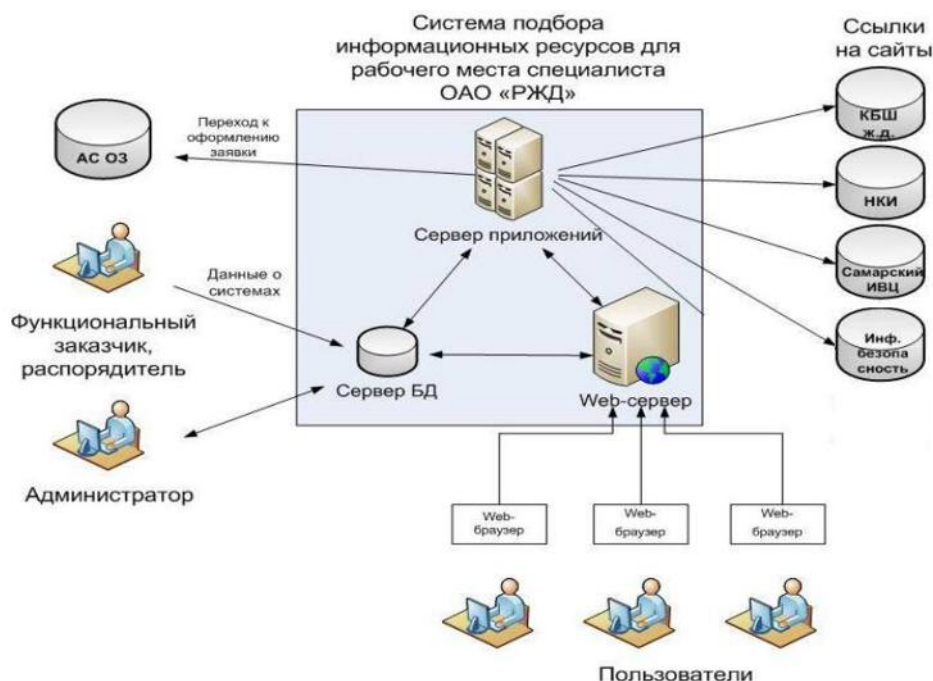


Рис. 1. Схема подбора цифровых сервисов для специалиста [2]

Разработка web-интерфейса для автоматизации обработки паспортов при разработке централизованных систем стала значимым шагом. В рамках стратегии цифровизации ОАО «РЖД» разработана система, которая значительно сокращает время и усилия, необходимые для выполнения задач, и минимизирует вероятность ошибок. Она обеспечивает единый центр управления и повышает уровень защиты информации. В будущем планируется дальнейшее совершенствование системы: искусственный интеллект будет использоваться для автоматической верификации паспортов, а интеграция с BI-платформами позволит глубже анализировать данные документооборота. Также будет расширен функционал для удобства использования на мобильных устройствах. Данное решение легко масштабируется и может быть адаптировано для нужд других структурных подразделений и дочерних обществ ОАО «РЖД».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 URL: <https://consulting.1c.ru/technologies/is-passport/> (дата и время доступа 10.10.25, 11.17)
- 2 Папиловская, Л. И. Единый автоматизированный справочник информационных систем / Л. И. Папиловская, Т. Б. Ефимова, А. В. Халдина // Перспективные информационные технологии : труды Международной научно-технической конференции, Самара, 04–06 декабря 2013 года / Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева. Самара: Самарский научный центр РАН, 2013. С. 218-221. EDN TYZSKN..
- 3 Блинкова, С. А. Разработка подсистемы мониторинга перерасхода электроэнергии по договорной мощности / С. А. Блинкова, Т. Б. Ефимова // Наука и образование транспорту. 2024. № 1. С. 226-229. EDN IMXTMB.

УДК 004.42;372.851;372.862;510.6

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ ПО ЗАДАНОЙ ТАБЛИЦЕ ИСТИННОСТИ

Д. А. Эздеков, М. Н. Федоров, П. А. Иванаев, А. П. Припутников

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Изучение методов построения и анализа булевых функций является важной частью образовательных программ по информатике, цифровой электронике и дискретной математике [1-3]. Булева алгебра служит основой для описания и преобразования логических выражений, используемых при проектировании цифровых устройств и систем управления. Для представления всех возможных комбинаций входных переменных и соответствующих им значений функции, применяются таблицы истинности, которые

помогают определить, как изменение входных параметров влияет на результат, и на основе этого строить аналитическое выражение функции. Благодаря своей наглядности и универсальности таблицы истинности широко используются как в теоретических исследованиях, так и в учебной практике [4].

Существенной трудностью при изучении булевых функций является необходимость ручного построения аналитических форм – совершенной дизъюнктивной нормальной формы (СДНФ) и совершенной конъюнктивной нормальной формы (СКНФ) – по заданной таблице истинности [5-7]. Процесс построения аналитических форм требует внимательности, понимания законов булевой алгебры и, в случае с большим количеством переменных, значительных временных затрат. При ручных вычислениях часто возникают ошибки, которые приводят к неверным результатам и затрудняют анализ функций. В связи с этим актуальной задачей является разработка программных средств, позволяющих автоматизировать построение и преобразование булевых функций, тем самым снижая вероятность ошибок и повышая эффективность обучения.

Построение совершенной дизъюнктивной нормальной формы (СДНФ) и совершенной конъюнктивной нормальной формы (СКНФ) является одним этапом анализа булевых функций [6]. Формы представляют функцию в стандартном виде и используются при проектировании и оптимизации логических схем. В учебной практике освоение принципов построения СДНФ и СКНФ способствует формированию у студентов навыков логического анализа и пониманию принципов работы цифровых систем.

В рамках данной работы разработано программное средство, выполняющее автоматическое построение СДНФ и СКНФ по заданной таблице истинности. Приложение создано с использованием современных веб-технологий (HTML, CSS, JavaScript, React) и предназначено для применения в учебных целях. Интерфейс программы позволяет задавать таблицу истинности для нескольких входных переменных, изменяя значения функции непосредственно в таблице, а также генерировать их в случайном порядке. Кроме того, в приложении реализована справочная вкладка, содержащая сведения о базовых булевых операциях и правилах их применения [4, 5].

Разработанное веб-приложение для генерации СДНФ и СКНФ включает четыре функциональных вкладки: «Главная», «Решение», «Настройки» и «Справка». Основная вкладка, представленная на рисунке 1, служит главным интерфейсом взаимодействия пользователя с программным обеспечением.

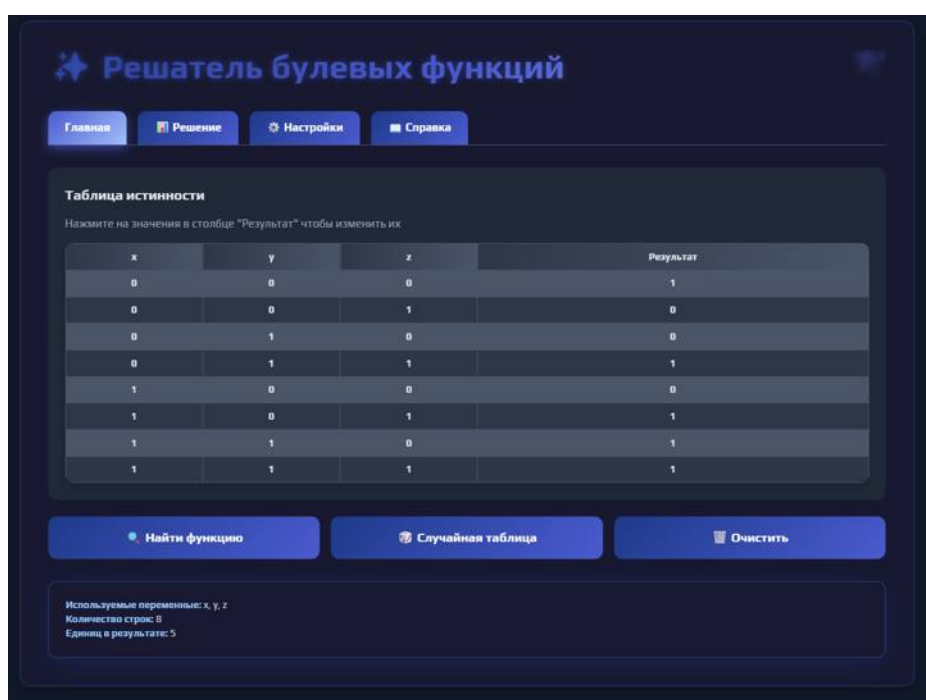


Рис. 1. Внешний вид программного средства: вкладка «Главная»

В центральной части расположена исходная таблица истинности, содержащая несколько столбцов (количество столбцов определяется числом переменных – от 2 до 5), крайний из которых – результирующий, представляющий собой набор нулей и единиц и редактируемый по своему усмотрению для определенных задач, или изменяемый случайным образом.

Случайное изменение осуществляется нажатием кнопки «Случайная таблица», расположенной в нижней части интерфейса, и приведёт к перемешиванию нулей и единиц в результирующем столбце. Помимо кнопки «Случайная таблица» внизу интерфейса находятся кнопки «Найти функцию» и

«Очистить». При нажатии на кнопку «Очистить» все строки результирующего столбца принимают значение «0». Кнопка «Найти функцию» открывает вкладку «Решение».

Вкладка «Решение», внешний вид которой представлен на рисунке 2, отвечает за вывод основных представлений логической функции в виде СДНФ и СКНФ. Полученные формы позволяют пользователю наглядно увидеть полное описание логической функции. Для удобства пользователя на вкладке дополнительно отображается исходная таблица истинности, чтобы не требовалось переключаться между вкладками при анализе данных. Такое решение делает работу с программой более наглядной и последовательной, позволяя одновременно видеть исходные значения переменных и соответствующие им результаты в различных формах представления функции.

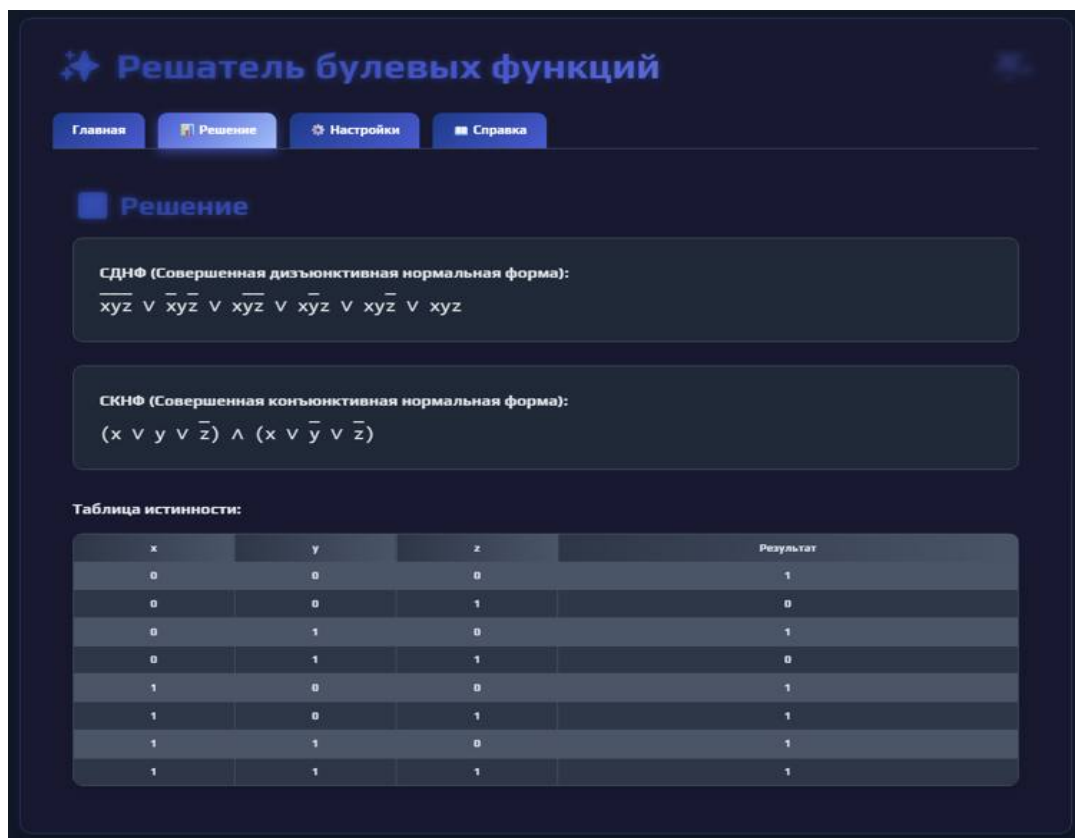


Рис. 2. Внешний вид программного обеспечения: вкладка «Решение»

Вкладка «Настройки», внешний вид которой представлен на рисунке 3, реализует изменение параметра «Количество переменных», используемых в таблице истинности, в диапазоне от 2 до 5, который напрямую влияет на формирование таблицы во вкладке «Главная» и на расчёт СДНФ, СКНФ во вкладке «Решение», обеспечивая возможность адаптировать работу приложения под конкретные задачи пользователя.

Вкладка «Справка», внешний вид которой представлен на рисунке 4, содержит краткое описание 15 базовых логических операций [4, 5]. Она предоставляет пользователю наглядную справочную информацию, которая облегчает понимание структуры булевых функций и помогает быстро освежить знания о логических операциях при работе с приложением.

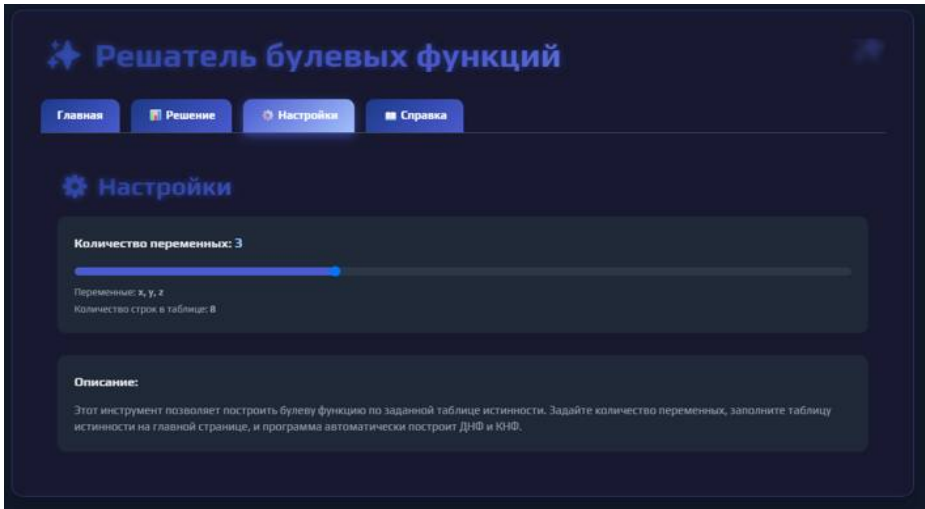


Рис. 3. Внешний вид вкладки «Настройки»

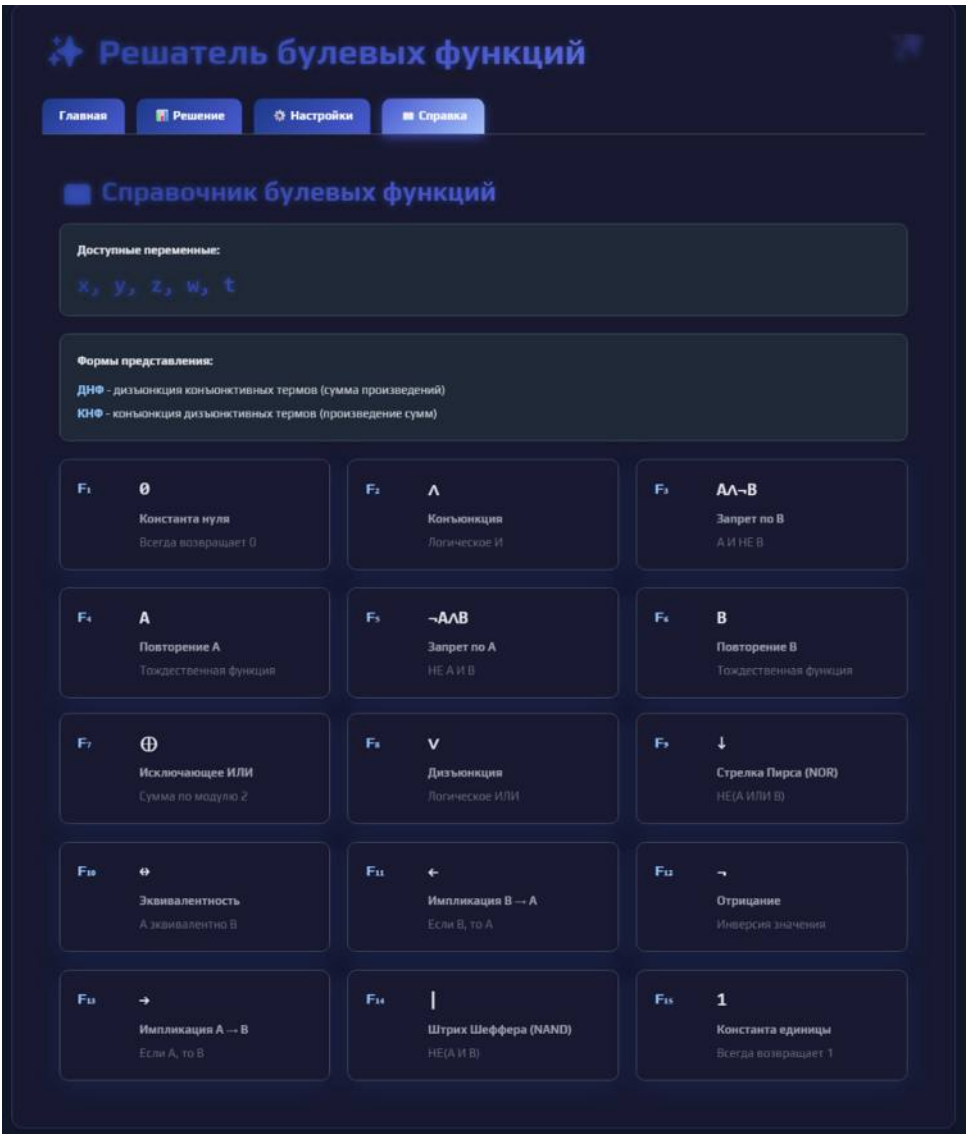


Рис. 4. Внешний вид вкладки «Справка»

Использование разработанного программного средства позволяет ускорить процесс изучения булевой алгебры, уменьшить количество ошибок при построении аналитических форм и повысить наглядность представления логических зависимостей. Приложение может применяться при

проведении лабораторных и практических занятий по дисциплинам, связанных с цифровой логикой, информатикой, дискретной математикой, а также в самостоятельной работе студентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Горюшкин, А. П. О применении компьютерной техники при изучении дисциплины «дискретная математика» / А. П. Горюшкин // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе : Материалы XIII Всероссийской научно-методической конференции, Омск, 05–06 апреля 2024 года. Омск: Омский государственный технический университет, 2024. С. 20-21. EDN CQRAFL.
- 2 Водолад, С. Н. Методические особенности использования визуализаторов в преподавании дискретной математики / С. Н. Водолад // Актуальные исследования в области математики, информатики, физики и методики их изучения в современном образовательном пространстве : результаты исследований в области математики, информатики, физики и методики их изучения при реализации образовательных программ высшего образования. Том Выпуск 2. Курск : Курский государственный университет, 2017. С. 30-33. EDN XVUSLZ.
- 3 Можей, Н. П. Изучение дискретной математики с применением информационных технологий / Н. П. Можей // Современные информационные технологии в образовании : МАТЕРИАЛЫ XXXI КОНФЕРЕНЦИИ, Троицк-Москва, 02–03 июля 2020 года. Троицк-Москва: Фонд новых технологий в образовании «Байтик», 2020. С. 209-211. EDN JALBVC.
- 4 Семенова, И. В. Булева алгебра и ее применение при построении математических моделей : учебное пособие / И. В. Семенова. Самара : Самарский университет, 2023. 100 с. ISBN 978-5-7883-1870-7. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/406670> (дата обращения: 27.10.2025). URL: для авториз. пользователей.
- 5 Тишин, В. В. Дискретная математика в примерах и задачах / В. В. Тишин. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2010. 352 с. ISBN 978-5-9775-0232-0. EDN SDPQHZ.
- 6 Тюрин, С. Ф. Дискретная математика: Практическая дискретная математика и математическая логика / С. Ф. Тюрин, Ю. А. Аляев. Москва : Финансы и статистика, 2010. 385 с. ISBN 978-5-279-03463-5. EDN SUPXYT.
- 7 Математика. Дискретная математика : учебник / В. Ф. Золотухин, В. В. Ольшанский, С. В. Мартемьянов [и др.]. Ростов-на-Дону : Институт водного транспорта имени Г.Я. Седова – филиал «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова», 2016. 129 с. EDN YQWKVL.

УДК 004.03

СОЗДАНИЕ ЗАЩИЩЕННОЙ СИСТЕМЫ ОБМЕНА ДАННЫМИ B2B МЕЖДУ ИС ОАО «РЖД»

В. А. Яхимович, Т. Б. Ефимова

Приволжский государственный университет путей сообщения, Самара

Введение. ОАО «Российские железные дороги» является не только ключевым игроком в транспортной отрасли России, но и крупным центром формирования цепочек создания стоимости. В настоящее время в ОАО «РЖД» активно ведется цифровая трансформация [1]. Помимо совершенствования имеющихся ИТ-решений, идет процесс перехода на отечественное программное обеспечение [2], имеется необходимость внедрения новых технологий для получения информации [3]. Эффективное взаимодействие с тысячами партнеров – от поставщиков запчастей и топлива до логистических компаний и клиентов – критически важно для бесперебойной работы холдинга. Современное взаимодействие строится на автоматизированном обмене данными: электронные накладные, данные о планировании перевозок, статусы грузов, финансовые документы и т.д.

Существующие способы обмена (такие как электронная почта, FTP-серверы или устаревшие протоколы) не отвечают современным требованиям по скорости, надежности и, что самое главное, безопасности. Угрозы конфиденциальности, целостности и доступности данных могут привести к многомиллионным убыткам и репутационным рискам. Таким образом, создание единой, стандартизированной и защищенной системы B2B-обмена становится стратегической задачей для цифровой трансформации РЖД.

Рассмотрим архитектурные принципы построения системы. Основой защищенной системы должен стать ESB-подход (Enterprise Service Bus) или платформа интеграционной шины данных. Это

позволит отказаться от множества прямых соединений типа «точка-точка», которые сложно управляемы и уязвимы.

Ключевые компоненты архитектуры:

1. Интеграционная шина (Integration Hub): центральный компонент, выступающий в роли единой точки входа и выхода для всех B2B-взаимодействий. Шина отвечает за маршрутизацию сообщений, трансформацию форматов данных и обеспечение базовых сервисов.
2. Шлюзы (Gateways): специализированные шлюзы, размещенные на периметре сети РЖД (в DMZ). Их задача – принимать входящие соединения от контрагентов, проводить первичную проверку и аутентификацию, и передавать данные на интеграционную шину внутренней сети. Исходящий трафик также проходит через шлюз.
3. Система управления контрагентами (Partner Management Portal): веб-портал, где партнеры могут регистрироваться, получать сертификаты, техническую документацию, отслеживать статус своих транзакций и управлять своими настройками.
4. Подсистема мониторинга и аудита: Комплекс средств, обеспечивающий круглосуточный контроль за всеми операциями обмена, формирование оповещений о сбоях и подозрительной активности, ведение детальных логов для последующего анализа.

Данная архитектура обеспечивает масштабируемость (легкое подключение новых партнеров), отказоустойчивость и единую точку контроля.

Рассмотрим стандарты и форматы обмена данными. Для обеспечения совместимости с разнородными информационными системами контрагентов необходимо применить общепринятые открытые стандарты.

- Протоколы обмена:

AS4: Является лучшим выбором для B2B-взаимодействий. Это стандарт на основе SOAP, который обеспечивает безопасную, надежную и асинхронную передачу сообщений. Он поддерживает шифрование, цифровую подпись и квитирование о доставке, что делает его де-факто стандартом в Европейском Союзе (eDelivery).

RESTful API (HTTPS): Для более простых и быстрых интеграций, требующих реакции в реальном времени (например, проверка статуса заказа), можно предоставлять REST API. Обязательным является использование TLS 1.2/1.3.

- Форматы данных:

XML/UBL (Universal Business Language): UBL – это международный стандарт для оформления электронных бизнес-документов (инвойсы, заказы, депатч-адвизы). Его использование позволит унифицировать обмен с самыми разными партнерами.

JSON: Для веб-сервисов (REST API) предпочтительным является JSON как более легковесный и удобный для разработки формат.

EDIFACT: Хотя это устаревающий стандарт, его поддержка может потребоваться для взаимодействия с некоторыми крупными международными партнерами.

Внедрение единого Реестра метаданных, описывающего все форматы сообщений и правила их обработки, позволит поддерживать порядок и согласованность в развитии системы.

Рассмотрим комплекс мер по обеспечению информационной безопасности. Безопасность является краеугольным камнем всей системы. Защита должна быть многоуровневой.

1. Аутентификация и авторизация:

Все контрагенты должны использовать квалифицированные сертификаты электронной подписи, выпущенные аккредитованными УЦ. Это обеспечивает надежную идентификацию и юридическую значимость документов.

Для доступа к portalу и API должна применяться двухфакторная аутентификация (2FA).

2. Конфиденциальность и целостность данных:

Сквозное шифрование: Все сообщения должны шифроваться на стороне отправителя и расшифровываться только на стороне получателя. Для этого используются алгоритмы сильного шифрования (например, AES-256). Ключи шифрования должны храниться в защищенных аппаратных модулях безопасности (HSM).

Электронная подпись: Каждое сообщение должно быть подписано ЭП, что гарантирует его целостность и неотрекаемость (отправитель не сможет отказаться от факта отправки).

3. Защита периметра и сетевой безопасности:

B2B-шлюзы должны быть размещены в демилитаризованной зоне (DMZ), изолированной от внутренней сети межсетевыми экранами (Firewalls).

Обязательно использование систем обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS) для анализа трафика на предмет атак.

Регулярное проведение пентестов и аудитов безопасности.

4. Соответствие требованиям регуляторов:

Система должна быть спроектирована с учетом требований Федерального закона № 152-ФЗ «О персональных данных», приказов ФСТЭК России, а также внутренних стандартов информационной безопасности РЖД (например, СТО РЖД).

Рассмотрим организационные аспекты и этапы внедрения.

Техническая реализация – лишь часть успеха. Не менее важны организационные меры:

Разработка регламентов: Необходимо создать детальные регламенты подключения контрагентов, обработки инцидентов, обновления программного обеспечения и правил использования системы.

Поддержка и обучение: Создание специализированной службы поддержки для контрагентов и проведение обучающих вебинаров по техническим и организационным вопросам.

Поэтапное внедрение:

1. Пилотная эксплуатация: Выбор группы надежных партнеров для отработки технологического и бизнес-процесса на ограниченном наборе документов (например, электронные накладные).

2. Масштабирование: Поэтапное подключение новых категорий контрагентов и расширение перечня документов для обмена.

3. Постоянное развитие: Мониторинг потребностей, актуализация стандартов и внедрение новых сервисов на базе созданной платформы.

Таким образом, создание защищенной системы B2B-обмена данными для ОАО «РЖД» – это не просто ИТ-проект, а фундаментальная инвестиция в цифровую экосистему компании. Реализация предложенной архитектуры на основе интеграционной шины с использованием стандартов AS4 и UBL, подкрепленная многоуровневой системой безопасности, позволит:

Повысить эффективность и скорость бизнес-процессов за счет их автоматизации.

Обеспечить юридическую значимость и неотрекаемость электронного документооборота.

Существенно снизить операционные риски, связанные с утечкой или искажением данных.

Создать гибкую и масштабируемую платформу для будущей цифровой трансформации и развития сервисов в логистической цепочке.

Такой подход превратит обмен данными из рутинной операционной задачи в стратегическое конкурентное преимущество ОАО «РЖД», укрепляя его позиции как ядра национальной транспортной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ефимова, Т. Б. Разработка автоматизированной (информационно-измерительной) подсистемы контроля состояния оборудования дирекции по энергообеспечению / Т. Б. Ефимова, М. П. Илехметкин // Вестник СамГУПС. 2024. № 2(64). С. 58-63. EDN SJJJUG.
- 2 Блинкова, С. А. Разработка подсистемы мониторинга перерасхода электроэнергии по договорной мощности / С. А. Блинкова, Т. Б. Ефимова // Наука и образование транспорту. 2024. № 1. С. 226-229. EDN IMXTMB.
- 3 Ефимова, Т. Б. Анализ деятельности ОАО «РЖД» на базе больших данных / Т. Б. Ефимова, Л. И. Папиловская, Е. А. Пидякова // Наука XXI века: актуальные направления развития. 2021. № 2-2. С. 82-85. DOI 10.46554/ScienceXXI-2021.10-2.2-pp.82. EDN BZOZNL.
- 4 Приказ ФСТЭК России от 25.12.2017 № 239 «Об утверждении Требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».
- 5 Приказ ФСТЭК России от 21.12.2017 № 235 «Об утверждении Требований к обеспечению защиты информации в информационных системах общего пользования».
- 6 Приказ ФСТЭК России от 18.02.2013 № 21 «Об утверждении Состав и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных».
- 7 ГОСТ Р 57580.1-2017 «Безопасность финансовых (банковских) операций. Защита информации организаций финансовой сферы. Основные положения».
- 8 Рекомендации по стандартизации Банка России РС БР ИББС-2.6-2014 «Защита информации при осуществлении переводов денежных средств. Общие положения».
- 9 Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си. М.: Триумф, 2002.
- 10 Официальный сайт ОАО «РЖД»: <https://company.rzd.ru/> (разделы, касающиеся цифровой трансформации и ИТ-стратегии).

СЕКЦИЯ 7

Охрана труда и экологическая безопасность на транспорте

УДК 625.1/.5:614.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАПЫЛЁННОСТИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ КАМЧИК ПРИ ДВИЖЕНИИ ПОЕЗДОВ

Ш. Х. Абдазимов, Ш. Р. Абдувахитов

Ташкентский государственный транспортный университет

Введение. Камчикский железнодорожный тоннель – один из крупнейших инфраструктурных объектов Центральной Азии, обеспечивающий круглогодичное сообщение между Ферганской долиной и остальной частью Узбекистана. Его протяжённость составляет 19,2 км, что делает его самым длинным тоннелем в регионе и стратегически важным элементом международного транспортного коридора «Китай – Кыргызстан – Узбекистан».

Сложные геологические и климатические условия горного массива Камчик, высокая влажность, температурные перепады и интенсивное движение поездов создают особую микроклиматическую среду внутри тоннеля. Одной из актуальных задач при эксплуатации тоннеля является обеспечение безопасного вентиляционного режима и минимизация концентраций вредных и токсичных газов, возникающих при работе локомотивов и транспортных процессов.

Изучение параметров воздушной среды, включая температуру, влажность, давление и состав газов, является важной частью обеспечения безопасности и долговечности тоннельных сооружений.

Объектом данного исследования является Камчикский железнодорожный тоннель, расположенный в горной части Чодакского района Наманганской области Республики Узбекистан. Тоннель является частью важнейшего транспортного коридора, соединяющего Ферганскую долину с другими регионами страны. Его эксплуатация имеет стратегическое значение для экономики и транзитной системы не только Узбекистана, но и всего Центрально-Азиатского региона. Длина тоннеля составляет около 19,2 км, что делает его крупнейшим инженерным сооружением подобного типа в Центральной Азии.

Исследование было направлено на определение параметров микроклимата, аэродинамических характеристик воздушных потоков и содержания угольной пыли в различных зонах тоннеля. Для этого использовались методы инструментального мониторинга, моделирования воздушных потоков и сравнительного анализа полученных данных с нормативами промышленной безопасности.

Исследование проводилось в период 2023–2024 гг. и измерения проводились в три этапа:

1. Подготовительный этап включал сбор исходных данных о геометрических параметрах тоннеля, характеристиках локомотивов и составах поездов, а также изучение существующей вентиляционной системы.
2. Экспериментальный этап предусматривал непосредственное измерение температуры, влажности, давления, скорости движения воздуха и концентрации пыли в трёх контрольных точках – на входном портале, в средней части и на выходном портале тоннеля.
3. Аналитический этап заключался в обработке и интерпретации полученных данных, построении графиков изменения параметров и определении закономерностей их распределения.

Для измерения температуры и влажности использовались цифровые термогигрометры типа Humidity&Temperature Meter, для определения скорости воздушного потока - анемометры Multi-Purpose Anemometer GM8910 и замеры содержания взвешенных частиц PM_{2.5} и PM₁₀ с использованием портативного пылемера SJFC-200 Laser Dust Monitor.

Методика измерений предусматривала регистрацию показателей в реальном времени при различных режимах работы тоннеля - как при движении поездов, так и в период их отсутствия. В ходе проведённых натурных измерений в Камчикском железнодорожном тоннеле были исследованы параметры запылённости

воздушной среды до прохода поезда, во время его движения и после выхода из тоннеля. Измерения осуществлялись с использованием портативных аэрозольных анализаторов, фиксирующих концентрации взвешенных частиц PM_{10} , $PM_{2.5}$ и PM_1 , а также скорость воздушного потока и время удержания пыли.

До входа поезда в тоннель средняя концентрация частиц PM_{10} составляла 28,4–400 мкг/м³, $PM_{2.5}$ - 4,2–30 мкг/м³, при скорости воздуха 0,5–1,0 м/с. С началом движения состава фиксировался резкий рост концентрации: PM_{10} увеличивалась до 450–800 мкг/м³, $PM_{2.5}$ - до 70–130 мкг/м³, PM_1 - до 10–23 мкг/м³, при этом скорость воздушного потока возрастала до 6–8 м/с под действием поршневого эффекта (рисунок).

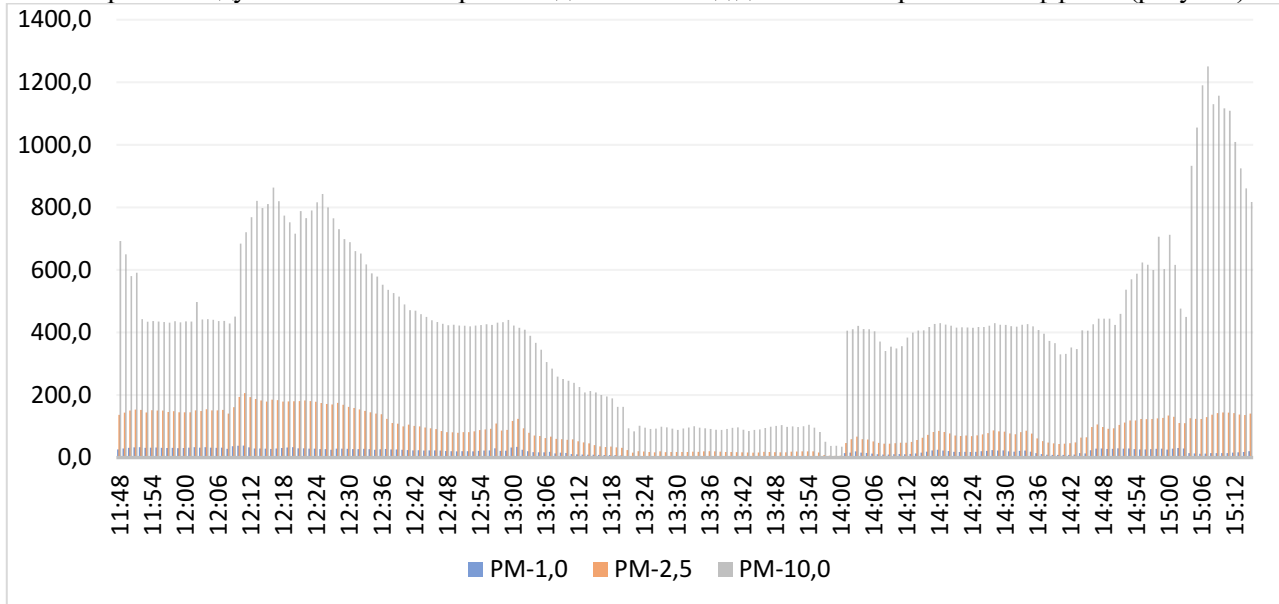


Рис. Результаты исследования запылённости воздуха в тоннеле при движении поездов

После прохождения поезда наблюдалось постепенное снижение концентрации пыли. Через 5–7 минут показатели уменьшались на 40–50 %, а полное восстановление фоновых значений происходило в среднем через 15–20 минут, в зависимости от интенсивности вентиляции и направления естественной тяги. Однако из-за значительной протяжённости тоннеля в его центральной части наблюдалось длительное сохранение взвешенных частиц пыли, что указывает на недостаточную эффективность естественного проветривания и необходимость установки дополнительных вентиляционных устройств или систем пылеулавливания.

Отдельное внимание уделялось анализу пылевой нагрузки в зависимости от типа перевозимого груза. При транспортировке сыпучих материалов (уголь, цемент, руда) концентрации PM_{10} достигали 950–1100 мкг/м³, что на 30–40 % выше, чем при перевозке контейнерных или пассажирских составов. При этом наблюдалось более длительное удержание частиц в воздухе – до 30 минут после прохода поезда.

Полученные результаты подтверждают необходимость применения локальных пылеподавляющих систем и усиленной вентиляции при движении тяжёлых и пылеобразующих поездов для обеспечения нормативных условий микроклимата в тоннеле.

Для математического анализа использовались методы статистической обработки данных, включая вычисление средних, дисперсий и коэффициентов корреляции между параметрами температуры, скорости воздуха и концентрацией вредных веществ.

Полученные результаты сопоставлялись с нормативными документами Республики Узбекистан, СНиП 2.05.03-84 и международными стандартами безопасности железнодорожных тоннелей. Для расчёта вентиляционного режима использовались формулы массового баланса, учитывающие длину тоннеля, сечение и аэродинамическое сопротивление.

Методика исследования также включала оценку санитарно-гигиенических условий труда работников, обслуживающих тоннель, и анализ систем мониторинга микроклимата. Проводились опросы дежурного персонала, фиксировались случаи превышения предельно допустимых концентраций пыли, а также оценивалась эффективность существующих мер по их снижению [1-2].

Средние показатели температуры воздуха в тоннеле колебались от +8...+10 °С вблизи порталов до +22 °С в глубинных участках. Зимой разница температур между наружным воздухом и воздухом в тоннеле достигает 20–25 °С, что способствует возникновению естественной тяги и обмену воздушных масс через порталы. В летний период наблюдается обратная циркуляция: тёплый воздух поступает внутрь, повышая влажность и снижая эффективность естественной вентиляции. Таким образом,

сезонный характер циркуляции является ключевым фактором, влияющим на состояние микроклимата и безопасность движения поездов [3].

Относительная влажность воздуха в тоннеле в среднем составляла 43–64 %, достигая максимальных значений в центральной зоне длиной около 5 км.

Содержание взвешенных частиц PM_{10} в пиковые периоды достигало 300–400 $мкг/м^3$, что в 3–4 раза превышает санитарные нормы. После прохождения поезда концентрации постепенно снижались до фоновых значений в течение 15–18 минут при естественной тяге и 3–8 минут при включении механических вентиляторов.

Расчёты аэродинамических параметров показали, что движение поездов создаёт выраженный поршневой эффект, усиливающий скорость воздушного потока в тоннеле до 12–15 м/с. Это способствует частичному выносу выхлопных газов, однако при встречных поездах возможны застойные зоны, особенно в центральной части тоннеля [4]. В часы интенсивного движения (2–3 поезда в час) наблюдается периодическое накопление углекислого газа и водяных паров, требующее регулирования вентиляционного режима.

Согласно расчётам, оптимальный воздухообмен достигается при суммарном расходе воздуха 75–85 $м^3/с$. При снижении этого значения до 50 $м^3/с$ относительная влажность возрастает выше 90 %, что создаёт условия для конденсации и ухудшения видимости.

На основании полученных данных предложено несколько инженерных решений для улучшения микроклимата тоннеля:

- установка комбинированной системы вентиляции, работающей в автоматическом режиме;
- размещение датчиков контроля влажности и содержания СО по всей длине тоннеля;
- внедрение системы распыления мелкодисперсной воды у порталов для осаждения пыли;
- применение материалов с гидрофобными и антикоррозионными покрытиями при ремонте отделки.

Кроме того, выявлено, что максимальное загрязнение воздуха наблюдается в зимний период при низких температурах наружного воздуха и высокой частоте движения тепловозов. В летний сезон, когда вентиляция усиливается за счёт температурной инверсии, концентрации вредных веществ заметно снижаются. Это подтверждает важность адаптивного управления вентиляционными системами в зависимости от времени года и интенсивности движения.

Таким образом, проведённые исследования позволили комплексно оценить микроклиматические параметры и аэродинамические процессы в Камчикском тоннеле. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации работы вентиляционных систем, повышения безопасности движения поездов и продления срока службы инженерных конструкций.

Проведённые исследования показали, что запылённость воздушной среды в Камчикском железнодорожном тоннеле имеет ярко выраженный нестационарный характер и напрямую зависит от интенсивности движения поездов, типа перевозимых грузов, состояния пути и эффективности вентиляционной системы. Концентрации взвешенных частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ во время прохода грузовых составов превышают предельно допустимые значения в 6–10 раз, что представляет потенциальную опасность как для работников тоннеля, так и для технического оборудования.

Основными источниками пылеобразования являются фрикционные взаимодействия между колёсными парами и рельсами, тормозные системы локомотивов, а также сыпучие грузы, не полностью закрытые при транспортировке. Пыль оседает на стенах и оборудовании тоннеля, снижая эффективность систем сигнализации, вентиляции и освещения. Кроме того, накопление мелкодисперсных частиц в воздухе приводит к ухудшению видимости.

Для достижения безопасных условий эксплуатации необходимо применение комплекса инженерно-технических решений.

Во-первых, рекомендуется внедрение автоматизированных систем водяного пылеподавления, установленных на входных порталах тоннеля. Распыление мелкодисперсной влаги при входе состава способствует связыванию частиц пыли и предотвращает их дальнейшее распространение по тоннелю.

Во-вторых, следует оптимизировать вентиляционный режим, увеличивая расход воздуха в моменты интенсивного движения грузовых поездов. При скорости потока не менее 6–8 м/с обеспечивается эффективное выведение загрязнённого воздуха и поддержание относительной влажности не выше 90 %, что препятствует образованию конденсата и вторичной пыли [5].

В-третьих, необходимо применение экологически безопасных добавок для пылеподавления (например, магниевых и кальциевых солей), создающих тонкую плёнку на поверхности путей и препятствующих пылеобразованию.

Кроме того, важным направлением является регулярная очистка вентиляционных каналов, проведение влажной уборки и промывки тоннельных стен, а также контроль содержания вредных веществ с помощью автоматических газоанализаторов и пылемеров.

Таким образом, внедрение комбинированной системы «водяное пылеподавление + адаптивная вентиляция» позволит значительно снизить концентрацию пыли в воздушной среде, продлить срок службы инженерных конструкций и повысить безопасность движения поездов в Камчикском тоннеле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 СНИП 2.05.03–84. Железные дороги колеи 1520 мм. Нормы проектирования.
- 2 O‘zbekiston Respublikasi Mehnat gigiyenasi va xavfsizlik me‘yorlari – O‘zR SSV, 2019-yil.
- 3 Abduvaxitov Sh. R., Rasulov M. R. Dust Suppression Techniques in Railway Tunnels: Case of Kamchik Tunnel. Journal of Transport Engineering, 2024.
- 4 World Health Organization (WHO). Air quality guidelines for particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀): Global update 2021. Geneva, 2021.
- 5 Ким В.А., Султанов Ш.Р. Вентиляция и микроклимат железнодорожных тоннелей. Тошкент: ТАДИ, 2021.

УДК 625.098

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСТОЧНИКАХ ШУМА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Т. А. Афанасьева

Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I

Введение. Стремление удовлетворить социально-экономические потребности общества ведут к активному преобразованию биосферы. Развитие транспортных систем и создание более сложной и разветвленной инфраструктуры способствуют значительному росту мегаполисов, однако имеют и обратную сторону: снижение качества жизни по таким факторам как повышенный шум и загрязнения. Среди различных видов антропогенного воздействия сверхнормативный акустический шум считается одним из наиболее агрессивных факторов, ухудшающих условия проживания населения. Проводимые ежегодные статистические исследования подтверждают превышение нормативов по шуму, так по официальным данным за 2021 год доля жалоб людей, проживающих в городах, на сверхнормативный уровень звука составил 33 % из общего количества обращений (более 18 000 жалоб) [1].

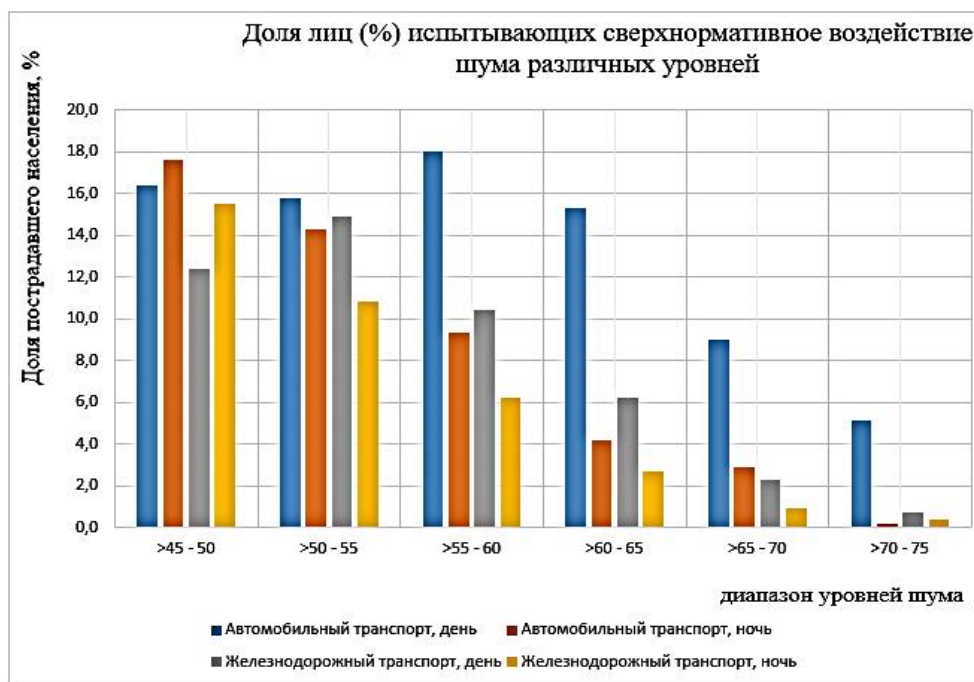


Рис. 1. Доля лиц (%) испытывающих сверхнормативное воздействие шума различных уровней

Большая часть европейских стран находится под воздействием повышенного уровня шума, значения которых превышают 60 дБА и находятся в диапазоне свыше 65 дБА и до 75 дБА (рисунок 1) [2-3]. В рамках оценки экологической и бытовой безопасности сегодня используется понятие «техносферная безопасность», на которую значительное влияние оказывают линейные объекты транспортной инфраструктуры в черте городов. К ним относятся автомобильные и железнодорожные магистрали, а также городской рельсовый транспорт, например, трамваи [4].

Акустический фон в жилых зонах, прилегающих к железнодорожным путям, формируется под воздействием целого комплекса источников. К ним относятся: эксплуатационная деятельность подвижного состава (движение, подача звуковых сигналов), стационарный шум от объектов инфраструктуры (сортировочные и грузовые станции, депо, тяговые подстанции, системы громкой связи) а также распространение вибрации и шума от поездов на искусственных сооружениях, например, мостах.

Критическим параметром, определяющим спектральный состав и интенсивность шума, является скорость. На этапах разгона и движения на малых скоростях (50–60 км/ч) доминируют низкочастотные компоненты от работы силовых агрегатов и оборудования. На скоростях от 60 до 250 км/ч основным источником становится контактный шум в системе «колесо-рельс». На высокоскоростных участках (свыше 250 км/ч) на первый план выходит аэродинамический шум, порождаемый обтеканием воздушным потоком подвижного состава (рисунок 2) [5].

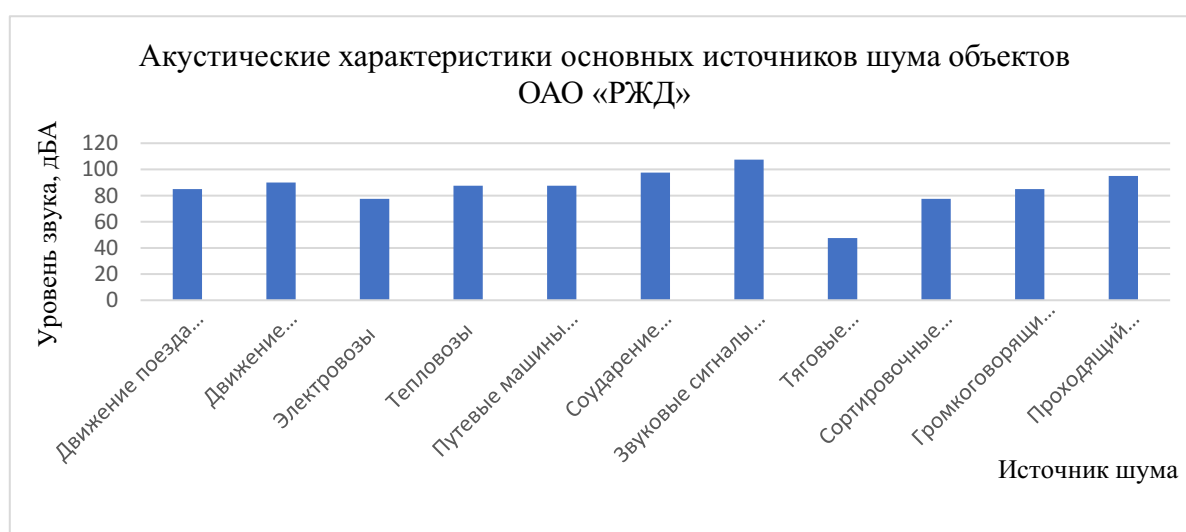


Рис. 2. Акустические характеристики основных источников шума объектов ОАО «РЖД»

транспорта в диапазоне слышимых частот и оценка эффективности шумозащитных мер, направленных на снижение инфразвукового компонента («шума качения»)

Методы решения задачи: Проведен теоретический анализ. Определены частотные характеристики шумообразования в системе «колесо–рельс» на основе параметров скорости подвижного состава и диаметра колеса (для подтверждения его инфразвуковой природы).

В результате анализа данных выделено, что общий шумовой фон, создаваемый железнодорожным подвижным составом, имеет многогранную структуру и состоит из: корпусного дребезжания, шума тележек в колее, гудения в кривых, шума торможения, соударений в сцепке и ударов на стыках.

Природа шума качения и его частотные характеристики

По данным Д.А. Куклина, в соответствии с моделью, предложенной Remington P.J., причиной шума качения колеса по рельсу являются неровности колеса и рельса [6]. Однако процесс шумообразования носит более комплексный характер, поскольку колесная пара является частью многотонной вагонной тележки.

Устройство вагонной тележки представляет собой несущую раму, которая служит основанием для размещения остальных элементов. Рессорная подвеска обеспечивает амортизацию и плавность хода. Колесная пара направляет движение тележки по рельсовому пути и воспринимает нагрузки, передаваемые от вагона на рельс и обратно. Буксовый узел является промежуточным звеном между рамой и колесной парой. Шкворень выполняет роль поворотного механизма и точки крепления к кузову вагона. Тормозная рычажная передача тележки является частью тормоза вагона, предназначенного для создания искусственного сопротивления движению вагона с целью регулировки скорости его движения и осуществления остановки.

Возникает вопрос: в каком частотном диапазоне лежит «шум качения»? Для его определения достаточно знать скорость состава и диаметр колеса. В качестве примера, при скорости пассажирского

поезда 140 км/ч [7] и диаметре колеса 0,95 м [8], расчетная частота шумообразования составляет около 13 Гц. Это область инфразвука, не слышимая для человеческого уха. Следовательно, термин «шум качения» является значительным упрощением.

Эффективность таких шумозащитных мер, как шлифовка рельсов, установка демпфирующих накладок или нанесение вибропоглощающей мастики на колесные диски, можно измерить с помощью шумомера-анализатора, их основной результат проявляется именно в этом неслышимом инфразвуковом диапазоне.

Слышимые источники шума. Основной вклад в слышимый шум вносят другие факторы. Движение многотонных тележек в пределах допусков ширины колеи (1520 мм с допусками на уширение и сужение) вызывает их колебания в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Шкворни постоянно соударяются с рамой вагона, добавляя свой вклад в общий шум.

В слышимом диапазоне спектр шумовых явлений значительно шире и включает:

Вибрацию и резонанс элементов кузова вагона.

Низкочастотный гул, возникающий при взаимодействии колеса и рельса на закругленных участках пути малого радиуса.

Высокочастотный визг, сопровождающий процесс торможения при контакте колодок с колесом.

Ударные импульсы от соударения автосцепок в момент столкновения вагонов.

Импульсный шум от прохождения колес через стыковые соединения рельсового полотна.

С точки зрения физики распространения звука, движение поезда на скоростях до 250 км/ч можно представить, как набор точечных источников, с затуханием звука на 6 дБ при удвоении расстояния. На более высоких скоростях поезд начинает излучать шум как цилиндрический источник, где затухание составляет лишь 3 дБ при удвоении расстояния, что делает его воздействие более дальнобойным.

На сегодняшний день можно выделить три основных направления в борьбе с высоким уровнем шума от железнодорожного подвижного состава. Меры на пути: шумозащитные экраны, бесстыковой путь. Меры на подвижном составе: обтекаемые кожухи на тележках, улучшенные тормозные системы (например, дисковые тормоза), применение демпфирующих материалов в конструкции вагонов. Меры на колесе и рельсе: вибродемпфирующие накладки на шейку рельса, шлифование рельсов.

Вывод

Проведенный анализ показал, что проблема шумового воздействия железнодорожного транспорта имеет двухкомпонентную природу. Эффективные, но узконаправленные меры, такие как шлифовка рельсов и применение демпфирующих мастик, позволяют снизить инфразвуковую составляющую («шум качения»), однако их практическая ценность для улучшения акустического комфорта населения ограничена, поскольку основной вклад в воспринимаемый шум вносят другие источники. К ним относятся динамические процессы в ходовых частях тележек, корпусное дребезжание, шум торможения и аэродинамические явления.

В связи с этим, стратегия снижения шума должна быть комплексной и предусматривать приоритетную разработку мер, направленных на подавление именно слышимых шумов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году. Государственный доклад. М.: Минприроды России; МГУ имени М. В. Ломоносова, 2022. 684 с.
- 2 Babisch, W., Ising, H. U., Kruppa, B., Wiens, D. The incidence of myocardial infarction and its relation to road traffic noise - the Berlin case-control studies // Environment International. 1994. V. 20. N 4. P. 469-474.
- 3 Ising, H., Babisch, W., Günther, B., Kruppa, B. Risikoerhöhung für Herzinfarkt durch chronischen Lärmstre B // Zeitschrift für Lärmbekämpfung. 1997. V. 44. P. 1 - 7.
- 4 Афанасьева, Т.А. Транспортный шум как фактор риска при формировании комфортной городской среды / Т.А. Афанасьева, Л.А. Леванчук // Матер. II Междунар. науч.-практич. конф. «Проблемы обеспечения безопасности» - г. Уфа: ФГБОУ ВО УГАТУ. 8 апреля 2020. С.257-259
- 5 Куклин, Д.А. Влияние шлифования рельсов на внешний шум поездов/ Д.А. Куклин, П.В. Матвеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук –2014. Т. 16. №1(7). С. 1899 – 1907.
- 6 Куклин, Д.А. Проблема снижения внешнего шума поездов в источнике и на пути распространения: автореферат дис. ... доктора технических наук: 01.04.06/ Куклин, Денис Александрович – Санкт-Петербург, 2016. - 48 с.
- 7 Нормы допустимых скоростей движения подвижного состава по железнодорожным путям колеи 1520 (1524) мм. Утв. ОАО «РЖД» от 08.11.2016 № 2240р (Редакция от 23.08.2018 г.)
- 8 ГОСТ 4835-2013. Колесные пары железнодорожных вагонов. Технические условия (с Поправками). Утв. 08 ноября 2013 г. № 1421-ст [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200106233?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

АВТОЗАПРАВОЧНАЯ СТАНЦИЯ КАК ОБЪЕКТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

И. С. Галочкина, Д. И. Васильева

Самарский государственный технический университет

Введение. Растущая антропогенная нагрузка на природную среду вызывает необходимость развития системы экологического мониторинга для получения актуальной и объективной информации. Понятие государственного экологического мониторинга определено в Федеральном законе №7 от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды» как «комплексные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, оценка и прогноз изменений состояния окружающей среды» [1]. Органы государственной власти РФ устанавливают порядок организации и проведения государственного экологического мониторинга, включая определение перечня контролируемых показателей, принципов сбора и хранения информации, а также создание и эксплуатацию сети наблюдений. Существует большое количество подзаконных актов, которые конкретизируют положения ФЗ №7 в сфере организации и проведения экологического мониторинга [2-3]. В настоящее время в целом система экологического мониторинга в РФ характеризуется наличием вполне развитой нормативно-правовой базы, которая охватывает разные компоненты окружающей среды и виды антропогенного воздействия. Однако для некоторых источников техногенного воздействия (например, для автозаправочных станций – АЗС) методика экологического (или геоэкологического) мониторинга недостаточно разработана.

В условиях роста урбанизированных территорий возрастает количество грузовых и легковых автомобилей. По данным статистического ежегодника в Самарской области на конец 2023 г. имеется в наличии следующее количество транспортных средств (табл. 1) [4].

Таблица 1

Наличие транспортных средств с Самарской области (на конец 2023 г.)	
Вид транспортного средства	Количество, штук
Грузовые автомобили (включая пикапы и легковые фургоны)	109326
Автобусы	19675
Легковые автомобили	1056436

Кроме того, по данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Самарской области происходит увеличение объемов продажи разных видов топлива и легковых автомобилей (табл. 2) [4].

Таблица 2

Объем розничной торговли (в % к предыдущему году)			
Вид товара	2015 г.	2019 г.	2023 г.
Бензины автомобильные	102,9	95,1	100,9
Дизельное топливо	104,6	96,6	124,1
Газовое моторное топливо	101,7	в 1,5 р.	114,6
Автомобили легковые	73,9	101,0	150,4

Такое количество транспортных средств в регионе и значительные транзитные потоки автотранспорта требуют развитой сети автозаправочных станций. АЗС относятся к объектам негативного воздействия на окружающую среду (III категория). Объекты данной категории не находятся под наблюдением государственной сети мониторинга, в который включены в основном объекты I категории, оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду, имеющие большие объемы выбросов и сбросов загрязняющих веществ, либо на которых образуются отходы I и II классов опасности в больших объемах и др.

В III категорию включены объекты, оказывающие незначительное негативное воздействие на окружающую среду, имеющие небольшие объемы загрязнения или образования отходов. На таких объектах образуются в основном отходы IV и V классов опасности, при небольших объемах отходов III класса опасности, а также отсутствуют аварийные риски.

Негативное техногенное воздействие (НТВ) от АЗС проявляется в разных формах. Например, в виде выбросов паров нефтепродуктов в атмосферный воздух в процессе заправки автомобиля или при переливании топлива в подземные хранилища. НТВ может происходить при попадании нефтепродуктов и тяжелых металлов в грунты и подземные воды после утечек топлива или разгерметизации оборудования, при авариях, через трещины в асфальте и др. [5-7]. Кроме того, часть нефтепродуктов может смываться при стекании выпавших осадков с асфальтового покрытия в поверхностные водотоки [8]. При этом в окружающую среду могут попадать вещества высокого класса опасности.

В соответствии с приказом от 18 февраля 2022 года №109 «Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков представления отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля» для объектов III категории природопользователем должен осуществляться производственный экологический контроль (ПЭК). Природопользователь должен разработать и утвердить программу ПЭК, в которой указываются сведения об инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов в окружающую среду, об отходах производства и потребления и объектах их размещения, о побочных продуктах производства, о периодичности и методах осуществления ПЭК, местах отбора проб и методиках измерения, об использовании аккредитованных лабораторий и др. [9].

Следует отметить, что в настоящее время не разработано достаточно объективных специфических критериев, по которым можно выявлять загрязнение от АЗС за пределами ее площадки на границах санитарно-защитной зоны. Отсутствует единая методологическая база для наблюдения за состоянием окружающей среды вблизи АЗС.

Таким образом, несмотря на то, что АЗС являются объектом негативного воздействия на окружающую среду III класса, при аварийных ситуациях или нарушении требований техники безопасности они могут служить источником значительного и высоко опасного техногенного загрязнения. Поэтому для совершенствования системы государственного экологического мониторинга следует: во-первых, разработать комплексную методику эффективной системы экологического мониторинга территории АЗС; во-вторых, выявить специфические критерии для определения наличия загрязнения от воздействия АЗС; в-третьих, при проектировании и строительстве новых АЗС учитывать особенности геологической среды выделенного земельного участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
- 2 Постановление Правительства Российской Федерации от 14.03.2024 года № 300 «Об утверждении Положения о государственном экологическом мониторинге (государственном мониторинге окружающей среды)».
- 3 Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха».
- 4 Сарапулова Г. И., Гантомор С. Оценка влияния автозаправочных станций на экологическое состояние почвы г. Улан-Батора // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2010. № 4(82). С. 117-122.
- 5 Самарский статистический ежегодник <https://63.rosstat.gov.ru/folder/34255> (дата обращения 20.10.2025г.)
- 6 Васильева Д. И., Долгих Е. А. Экологические аспекты развития городской транспортной инфраструктуры (на примере г.о. Самара) // Наука и образование транспорту. 2018. № 2. С. 85-89.
- 7 Локшин А. М., Махинова Н. В. Использование инновационных технологий в модели устойчивого развития предприятия, на рынке строительства автозаправочных станций // Вестник науки. 2024. Т. 3, № 6(75). С. 241-249.
- 8 Нигматуллина Э. Ф. Понятие подземных сооружений для хранения природного газа в гражданском праве // Вестник Центра права имени В.А. Мусина. 2025. № 1. С. 58-66.
- 9 Иосифов В. В., Диброва С. С., Подворок И. И. Регулирование негативного воздействия автотранспорта на окружающую среду с помощью стандартов моторного топлива (на примере Краснодарского края) // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. Т. 11, № 39 (324). С. 48-60.
- 10 Приказ Минприроды России от 18.02.2022 № 109 «Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков представления отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля».

УТКА КРЯКВА КАК БИОИНДИКАТОР КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Д. В. Грекова, Ю. А. Холопов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Актуальность проблемы изменения климата в современном мире поднимает вопрос охраны окружающей среды и экологического равновесия. Особый интерес возникает при изучении реакции живых организмов на изменение окружающей среды. Реакция живых организмов является одним из методов биоиндикации, которые применимы для анализа состояния окружающей среды.

Фенологические наблюдения за птицами, представляют ценный материал для оценки климатических изменений. Утка кряква является широко распространённым видом, который демонстрирует высокую чувствительность к изменениям в климате. За 6-летний период наблюдения была зафиксирована устойчивая тенденция к зимовке данной особи в Саратовском регионе.

Цель исследования – оценить изменения фенологии утки кряквы на примере зимовки вблизи плотин. Обосновать возможность ее использования в качестве биоиндикатора климатических изменений.

Основная часть. Биоиндикация – метод оценки качества природной среды на основе реакции организмов на изменения в окружающем мире [1]. Данный метод ценится не только за оперативность, эффективность и экономичность, но и за способность прогнозировать долгосрочные последствия трансформации экосистемы.

Утка кряква – широко известная дикая утка, является прямым предком большинства домашних пород. Внешне имеет довольно скромные размеры: длина тела достигает 60-65 см, размах крыла 23-30 см, а масса редко превышает 1,5 кг. Ареал этого вида охватывает обширные территории Европы, Азии и Северной Америки. Птица предпочитает селиться на пресноводных озерах и прудах с обильными прибрежными зарослями. Характерной чертой данного вида является кряканье. Весеннее возвращение кряквы с мест зимовки начинается в середине марта-начале апреля. После начинается период гнездования. Отлет в осенний период приходится на конец сентября и заканчивается в середине ноября [2].

Однако в Саратовском регионе уже не первый год мы можем наблюдать формирование оседлых популяций, зимующих на незамерзающих участках водоемов. Предположительно ключевыми факторами данного феномена выступают:

1. Климатический фактор: смягчение зимних условий, ярким проявлением является повышение зимних температур, сокращение периода устойчивых морозов, уменьшение ледового покрова на водоемах вблизи технических сооружений (плотин).
2. Кормовая база: доступность для пропитания, достаточное количество естественных кормов в полыньях, а также антропогенное влияние (подкормка) со стороны населения.

На основе собранных данных и наблюдений, проанализируем оба фактора, определим какой из них являлся решающим.

Анализ изменения климата.

Отдел климатологии и метеорологии Саратовского университета провел многолетние наблюдения за климатом региона. Анализ данных показал устойчивую тенденцию к повышению температур, наиболее выраженную в зимние месяцы [3].

Анализируя график температурных данных, можно проследить динамику температурных изменений. Особенно показательной является динамика февраля, если в 2014 году среднемесячная температура составила -10,5 °С, то к 2024 году она уже составила -4,3 °С. Можем сделать вывод о значительном температурном росте более чем на 6 °С. Данная информация свидетельствует о тенденции глобального потепления.



Рис. График Среднемесячной температуры в зимний период (10 лет)

Изменения в январе выглядят более плавными от -9°C до $-6,4^{\circ}\text{C}$. Однако общая тенденция также прослеживается. Декабрь демонстрирует промежуточные значения с некоторыми колебаниями. Основываясь на этих данных, можно сделать вывод, что климатические условия в Приволжском регионе в зимнее время становятся более мягкими [4]. Однако говорить о том, что температура достигла комфортной отметки для круглогодичного пребывания утки кряквы нельзя. Даже в теплые зимы отрицательные температуры сохраняются, что является нежелательным фактором для водоплавающих птиц.

Поэтому мы считаем температурный фактор важным, но не решающим для объяснения перехода к оседлому образу жизни утки кряквы. Рассмотрим следующий фактор - кормовую базу.

Наблюдение за уткой кряквой в зимний период показали, что в районе р. Большой Иргиз егеря осуществляют регулярную подкормку птиц, что обеспечивает им стабильную кормовую базу. Параллельно проводимые егерями наблюдения выявили ежегодное уменьшение площади ледяного покрова [5]. Благодаря территориальному расположению у плотины, сезонный ход льда не нарушает естественную растительность - водоросли, сохраняя доступ для уток. Таким образом, можно сделать вывод, что даже без антропогенной поддержки утки кряквы, естественных источников питания достаточно.

Заключение. На основе проведенного исследования двух ключевых факторов: климатического и кормового, можно сделать следующие выводы.

Утка кряква действительно демонстрирует свои свойства биоиндикатора, реагируя даже на незначительные климатические изменения [6]. Наблюдения подтвердили, что температура в зимний период стала более высокой, а климат стал мягче. Из этого следует сокращение ледового покрова, что создает предпосылки для изменения фенологии.

Также переход от перелетного образа жизни стал возможен не только благодаря климатическим изменениям, но и в силу сохранения доступа к кормовой базе незамерзающих участков водоемов.

Антропогенный фактор сыграл вспомогательную роль, обеспечив дополнительную базу пропитания. Однако это не стало решающим фактором, так как доступ к естественным источникам питания сохраняется и без вмешательства человека.

Таким образом, утка кряква может рассматриваться как биоиндикатором климатических изменений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Полагутина, Ю. А. Перспективы применения биоиндикации при решении экологических задач / Ю. А. Полагутина, Ю. А. Холопов // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции, Саратов, 15–16 мая 2024 года. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, 2024. С. 135-139. EDN DXOGQI.
- 2 БСЭ1/Кряква // Викитека. [2025–2025]. Дата обновления: 02.04.2025. URL: <https://ru.wikisource.org/w/index.php?title=%D0%91%D0%A1%D0%AD1/%D0%9A%D1%80%D1%8F%D0%BA%D0%B2%D0%B0&oldid=5389723>
- 3 Чересов, А. А. Спутниковый мониторинг мезомасштабных конвективных систем в Саратовской области / А. А. Чересов, М. Ю. Червяков // Фундаментальные и прикладные космические исследования : XIX Конференция молодых учёных, Москва, 13–15 апреля 2022 года. Москва: Институт космических исследований Российской академии наук, 2022. С. 193-196. DOI 10.21046/KMU-2022-193-196. EDN XITBER.
- 4 Шляхтин, Г. В. Современное состояние биоразнообразия животного мира Саратовской области / Г. В. Шляхтин, В. В. Аникин, А. В. Беляченко [и др.] // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2014. Т. 14, вып. 1. С. 103-112. DOI: 10.18500/1816-9775-2014-14-1-103-112.
- 5 Макаров, В. З. Глобальное потепление и его влияние на климат, ландшафты и хозяйство Саратовской области [Электронный ресурс] / В. З. Макаров, А. Н. Чумаченко, М. Ю. Червяков [и др.] ; под ред. В. З. Макарова. Саратов: Издательство Саратовского университета, 2024. 172 с.
- 6 Павлюк, Т. Е. Актуальные вопросы биоиндикации водных экосистем: российский опыт и перспективы // ВХР. 2024. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-voprosy-bioindikatsii-vodnyh-ekosistem-rossiyskiy-opyt-i-perspektivy>

УДК 504.06

СПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСКОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А. М. Дронина, Д. И. Васильева

Самарский государственный технический университет

Введение. Рост цен и дефицит качественных материалов требуют пересмотра традиционных подходов к использованию песков в дорожном строительстве. Оптимизация – это не просто экономия материала, а комплекс инженерных решений, направленных на повышение надежности конструкций, снижение стоимости строительства дорог и минимизации экологического следа.

Песок считается одним из основных материалов для устройства оснований и дренажных слоев дорожной одежды. Но истощение запасов качественных природных песков, их географическая неравномерность и рост логистических расходов делают нерациональным их повсеместное и бессистемное использование. В настоящее время хотелось бы придерживаться принципа: «правильный материал – в правильном месте» [1].

Безусловно, первым направлением к оптимизации является рациональный выбор сырья. Вместо транспортировки дорогостоящего мытого речного песка за сотни километров, экономически выгоднее использовать местные сырьевые ресурсы после их соответствующей подготовки.

1. Обогащение местных песков. Многие карьерные пески обладают высоким содержанием глинистых и пылеватых частиц, что ограничивает их применение. К современным технологиям обогащения относят промывку, просеивание [2].
2. Использование песков из отсевов дробления (ПОД). Этот материал, являющийся побочным продуктом при производстве щебня, обладает рядом преимуществ: остроугольная форма ребер обеспечивает лучшее сцепление и уплотнение, а его использование решает проблему утилизации отходов горнодобывающей промышленности. Оптимизация заключается в корректном подборе фракционного состава ПОД и его комбинации с другими материалами [3].
3. Разработка и использование новых нормативных документов. Региональные технические условия (ТУ) позволяют легализовать применение нетрадиционных видов песка с обоснованными показателями их пригодности для конкретных условий строительства.

Второе направление – максимально эффективное использование свойств песка в конструкции дорожной одежды.

1. Устройство комбинированных оснований. Вместо однородного песчаного слоя большой толщины рекомендуется применять комбинированные системы. Например, слой из местного песка, стабилизированного геосинтетическим материалом, в сочетании с тонким слоем песка

повышенной чистоты для выравнивания. Этот метод позволяет снизить общую толщину дорожной одежды без потери несущей способности.

2. Стабилизация и укрепление песков. Для повышения несущей способности слабых песчаных оснований применяются методы стабилизации: механическая, химическая. Также к этим методам относят стабилизацию геосинтетиками. Использование геотекстиля и геосеток – один из самых эффективных методов оптимизации. Геотекстиль, уложенный на контакте «песок-грунт», выполняет функцию разделения (т.е. не дает материалам перемешиваться), армирования (воспринимает растягивающие нагрузки) и фильтрации, что позволяет уменьшить требуемую толщину песчаной подушки и предотвратить ее заиливание [4, 5].

Технологическая оптимизация производства работ – третье направление оптимизации. Качество уложенного песчаного слоя напрямую зависит от соблюдения технологий.

1. Совершенствование методов уплотнения. Применение современной вибрационной техники, катков с системой мониторинга плотности в реальном времени позволяют достичь наиболее оптимальной плотности [6].
2. Предварительное обезвоживание. На переувлажненных участках эффективно использование специальных технологий, таких как устройство песчаных дрен или применение вакуумного обезвоживания, что ускоряет процесс подготовки основания.

Заключительным направлением, рассматриваемым в данной статье, является экологическая и экономическая оптимизация.

1. Повторное использование материалов. В странах с развитой дорожной инфраструктурой активно применяются пески, полученные при рециклинге строительных отходов и старого асфальтобетона (Германия, Швеция, Голландия, Дания). Это направление является перспективным с точки зрения экономики замкнутого цикла [7].
2. Снижение транспортного плеча. Использование местных материалов, включая обогащенные пески и ПОД, позволяет резко сократить логистические расходы и углеродный след во время строительства дорог [8].

Все вышеперечисленные направления и содержащиеся в них методы оптимизации представлены в таблице (табл.).

Таблица

Оптимизация применения песков в дорожном строительстве

Направление	Методы	Результат
Сырьевая база	Обогащение местных песков, использование отсевов дробления, региональные ТУ	Снижение затрат, утилизация отходов, улучшение характеристик
Конструктивные решения	Комбинированные основания, стабилизация (механическая, химическая, геосинтетиками)	Повышение прочности, снижение толщины конструкций, увеличение срока службы
Технологии работ	Современное уплотнение с контролем параметров, системы осушения	Гарантированное качество, ускорение сроков строительства
Экономика и экология	Рециклинг материалов, сокращение логистики	Снижение себестоимости, уменьшение экологического следа

Таким образом, оптимизация применения песков в дорожном строительстве – это многогранная задача, требующая системного подхода. Она включает в себя не только выбор наиболее доступного сырья, но и его модификацию, применение современных конструктивных решений с использованием геосинтетиков и строгое соблюдение технологий уплотнения.

Переход от принципа «чем больше, тем лучше» к «рационально и достаточно» позволяет строить более надежные и долговечные дороги, снижая при этом не только первоначальные затраты, но и стоимость их будущего содержания и ремонта. Инвестиции в оптимизацию на стадии проектирования и строительства многократно окупаются на протяжении всего жизненного цикла дорожного строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дидковская О. В. Управление стоимостью материальных ресурсов в инвестиционно-строительном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 11-5. С. 986-993.
- 2 ГОСТ 8736–2014 «Песок для строительных работ. Технические условия».
- 3 Лесовик Р. В. Техногенный песок в дорожном строительстве // *Строительные материалы*. 2009. № 12. С. 48-50.
- 4 Патент на полезную модель № 52405 U1 Российская Федерация, МПК E01C 5/00. устройство дорожной одежды : № 2005113224/22 : заявл. 04.05.2005 : опубл. 27.03.2006 / С. В. Жеребцова, Б. А. Левин, А. И. Орлов.
- 5 Бахмутская А. В., Васильева Д. И. Экологическая безопасность химического и физико-химического закрепления грунтов // *Наука и образование транспорту*. 2023. № 2. С. 103-105.
- 6 СП 34.13330.2021 «Автомобильные дороги»
- 7 Кожин А. Г. Зарубежный опыт развития дорожного строительства // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2013. № 2 (9). С. 71-74.
- 8 Бартош С. А. Дорожное строительство: проблемы строительства и пути их решения // *Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности: Сб. материалов XXIV Меж. научно-практ. конф.* Москва, 2024. С. 208-210.

УДК 720.47

ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОКРЫШЕК И ПЛАСТИКА

Д. Р. Измайлова, Ю. А. Холопов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Одной из важнейших проблем современности стала утилизация и переработка большого объема отходов, возникающих вследствие активной автомобилизации населения. В особенности остро эта проблема проявляется в крупных городах, где скопление изношенных автомобильных покрышек, шин и пластикового мусора достигает критических значений. Несмотря на значительное число исследований и усилий, направленных на сокращение влияния отходов на окружающую среду, актуальной задачей продолжает оставаться организация эффективной и научно-обоснованной системы повторного использования автопокрышек и переработки пластика, применяемого в отделке автомобилей.

Особенностью автомобильных покрышек является их многокомпонентный состав, включающий натуральные и синтетические каучуки, стальные корды и разнообразные химические добавки. Именно этот сложный химический состав вызывает особые трудности при переработке и влияет на выбор оптимального способа утилизации. Помимо традиционных методов переработки (пиролиз, механические методы), важное значение приобретают новые технологии, способные обеспечить глубокую переработку с извлечением максимального количества полезных компонентов.

Что касается пластика, применяемого в конструкциях автомобилей, то разнообразие типов полимеров и добавок значительно снижает возможности простого разделения и последующего использования полученных фракций. Таким образом, задача заключается не только в переработке самих отходов, но и в обеспечении полной цепочки их оборота: начиная от этапа производства автомобилей и заканчивая возвратом в хозяйственный оборот.

Цель статьи – рассмотреть существующие методы переработки автомобильных покрышек, шин и пластика, выявить недостатки имеющихся технологий и предложить направления улучшения сложившейся ситуации.

Анализ характеристик автомобильных покрышек и пластика

Автомобили современного образца включают широкий спектр материалов, представляющих интерес с точки зрения переработки. Основными материалами, составляющими основу проблемы, являются резиновые изделия (автомобильные покрышки, шины) и пластиковые компоненты кузова и салона [1].

Характеристика автомобильных покрышек определяется составом резины, наличием металлических вставок и присутствием прочих примесей. Состав может включать следующие компоненты:

- Натуральный и синтетический каучук;
- Карбонат кальция, технический углерод и прочие наполнительные материалы;
- Антиоксиданты и стабилизаторы;
- Полимерные связующие вещества.

Среди основных особенностей автомобильных покрышек можно выделить:

- Сложность разделения компонентов;

- Длительность периода деградации в естественных условиях;
- Высокую огнеопасность при возгорании.

Пластиковые части автомобиля включают широкий ассортимент полимеров различного происхождения. Наиболее часто встречающиеся типы пластика:

- Полипропилен (PP);
- Поливинилхлорид (PVC);
- Полистирол (PS);
- АБС-пластик (ABS).

Особенности автомобильных пластиковых частей заключаются в следующем:

- Возможность формирования многослойных конструкций, что усложняет разделение материалов;
- Широкий диапазон физико-химических свойств разных типов пластика;
- Низкая температура плавления большинства пластиков, приводящая к значительным потерям массы при термическом воздействии.

Анализ существующих методик показывает наличие определённых преимуществ и недостатков каждого из предложенных вариантов. Рассматриваемые методы различаются по типу воздействия, объёму необходимого оборудования и уровню эмиссии вредных веществ.

Методы переработки автпокрышек

1. Механические методы. Наиболее простым методом является измельчение покрышек механическим способом. Получаемая резиновая крошка находит широкое применение в строительной индустрии, позволяя создавать высококачественное покрытие для дорог и спортивных площадок. Преимущества данного метода включают низкую стоимость и доступность оборудования. Основной недостаток – невозможность полного выделения содержащихся в покрышках металлов и добавок.
2. Химико-термический метод (пиролиз). Метод предполагает нагрев резиновых изделий до высоких температур без доступа кислорода, что приводит к образованию смеси газов, масел и твёрдых остатков. Метод обеспечивает высокую степень извлечения компонентов, однако характеризуется высокими энергетическими затратами и необходимостью специализированного оборудования.
3. Электромагнитные методы. Электромагнитные технологии направлены на селективное выделение металла из резиновых изделий. Суть метода заключается в воздействии электромагнитного излучения на металл, содержащийся в покрышках, что способствует его отделению от резиновой составляющей. Данный метод находится пока на стадии экспериментального изучения и распространения [2].

Методы переработки пластика

1. Физико-механические методы. Представляют собой простое измельчение пластиковых изделий с последующим формованием гранул, используемых в дальнейшем производстве. Преимущества метода очевидны: простота исполнения и низкие капитальные вложения. Основным недостатком является постепенное ухудшение механических свойств при каждой следующей переработке.
2. Химико-термические методы. Предлагается проведение реакций деполимеризации и пиролиза. Эти методы позволяют восстановить исходные мономеры или синтезировать новую продукцию, обладающую ценными свойствами. Главными преимуществами являются высокая чистота продуктов и возможность повторной переработки неограниченное число раз. Тем не менее, значительные расходы на оборудование и безопасность делают этот метод доступным далеко не каждому предприятию.
3. Биологическое восстановление. Некоторые исследователи предлагают биотехнологию, основанную на применении бактерий и грибов, способных разрушать структуру полимеров. Данная методика находится на начальной стадии своего развития и применяется в основном для биоразлагаемых пластиков.

Рассмотрев основные подходы к переработке автомобильных покрышек и пластика, проведем оценку потенциальных возможностей и ограничений этих методов.

Возможности включают:

- Создание замкнутого цикла производственного процесса;
- Сохранение полезных ресурсов и предотвращение негативного воздействия на окружающую среду;
- Увеличение доходности предприятий за счёт продажи побочных продуктов переработки.

Тем не менее, имеются существенные ограничения:

- Высокая зависимость производительности переработки от состава шин и вида пластика;
- Значительные инвестиции в закупку и обслуживание оборудования;

- Необходимость вовлечения в процесс квалифицированного персонала и соблюдения жёстких норм охраны труда и техники безопасности [3].

Международные стандарты и рекомендации

Большинство стран Европы и Северной Америки принимают меры по совершенствованию системы переработки автомобильных покрышек и пластика. Европейским Союзом была разработана директива ЕС № 2000/53/ЕС, направленная на повышение доли переработанной продукции от автомобилей. Согласно данным Евростата, средний показатель переработки шин в Европе составляет порядка 80 %, тогда как в ряде стран Азии и Африки показатели ниже 30 %.

Значительное внимание уделяется развитию национальной системы сертификации и лицензирования предприятий, осуществляющих деятельность по переработке отходов. Одним из инструментов оценки экологичности технологий является инструмент Life Cycle Assessment (LCA), позволяющий оценить весь жизненный цикл продукта и определить вклад каждого этапа в образование отходов.

Заключение. Таким образом, можно сделать вывод, что переработка автомобильных покрышек и пластика должна рассматриваться как важнейшая составляющая современной промышленной политики. Переход к экономике замкнутого цикла, предусматривающей максимальное использование вторичных ресурсов, становится обязательным условием устойчивого развития.

Необходимым условием успешного осуществления планов по переработке является привлечение частного капитала, разработка специального налогового режима и создание специализированных производственных кластеров, ориентированных на выпуск высококачественной продукции из переработанных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Михайлов Б. Г., Храбров Ю. М. Современные технологии переработки автомобильных шин // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 2020. № 3. С. 45-52.
- 2 Абрамова Т. П., Чижевская О. Ю. Перспективы глубокой переработки пластиков от автомобилей // Российский журнал химии и технологии. 2022. № 4. С. 15-20.
- 3 Яковлев Н. А., Андреев А. Л. Экологический мониторинг процессов переработки автомобильных шин // Природоресурсные ведомости. 2025. № 2. С. 10-15.
- 4 Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году». Москва : Министерство природных ресурсов и экологии РФ, 2023. 700 с.
- 5 Пластик и пластиковые отходы в России: ситуация, проблемы и рекомендации / О. А. Сперанская [и др.] / Международная сеть по ликвидации загрязнителей (International Pollutants Elimination Network), 2021. 47 с.

УДК 331.452 : 656.2 : 614.8

НЕКОТОРЫЕ ПУТИ СНИЖЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЖЕРТВ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ СРЕДИ ГРАЖДАН

Ю. Н. Канонин, О. И. Тихомиров

Петербургский государственный университет путей сообщения

Введение. Наряду с организационными мероприятиями, проводимыми для уменьшения количества пострадавших граждан под колесами железнодорожного подвижного состава, широко применяются и технические методы, которые постоянно совершенствуются как в России, так и за рубежом. Поэтому целесообразно рассмотреть перспективы применения таких решений на железнодорожном транспорте для снижения уровня непроизводственного травматизма.

Цель работы: проанализировать появившиеся новые решения для снижения количества жертв среди граждан от наезда железнодорожного подвижного состава и оценить возможности и перспективы их внедрения на железных дорогах РФ.

Методы решения задачи: поиск и анализ зарубежных и российских разработок, способных уменьшить уровень непроизводственного травматизма в Российской Федерации.

В ОАО «Российские железные дороги» проводится большая работа, приводящая к постепенному снижению числа травмированных и погибших граждан на железнодорожных путях. Только в 2024 году затраты на реализацию инвестиционного проекта «Предупреждение травматизма граждан на объектах инфраструктуры» составили для компании 396 миллионов рублей [1]. Поскольку эта проблема, тем не

менее, остается весьма актуальной, попробуем найти и рассмотреть дополнительные решения, способные повысить эффективность работ в этом направлении.

1. Обеспечение безопасности граждан, находящихся на территории железнодорожных станций.

Организация подземных или надземных переходов. Это самый радикальный способ снижения опасности наездов железнодорожного подвижного состава при пересечении железнодорожных путей, позволяющий разнести движение людей и транспорта на разных уровнях. Но, когда организация таких переходов невозможна, требуется поиск других решений. В России и за рубежом разрабатываются системы информирования о несанкционированном выезде автотранспорта на переезд. По аналогии можно применить подобные разработки и для пешеходных переходов. Рассмотрим целесообразность внедрения некоторых из таких решений.

Гравитационный метод. Применяется для обнаружения препятствий на переездах. Метод хорош тем, что для обнаружения объекта на переходе важна лишь его масса, которая определяется с помощью специальных датчиков, расположенных под основанием настила, что обуславливает простоту ее конструкции. Однако зимний период с большим количеством снега и образующегося под основанием настила льда не позволяет широко использовать этот метод в России. Другим фактором, затрудняющим применение данного метода, является значительная протяженность тормозного пути подвижного состава из-за значительных скоростей движения [2]. Применение таких систем возможно в теплое время года или в южных районах при относительно небольших скоростях движения поездов, что может служить источником необходимой информации о нахождении людей на пешеходных переходах.

Системы технического зрения. Для контроля за нахождением на пешеходном переходе людей хорошо подходит, например, система Main Line System [3], в которой имеется электрооптический блок с тремя камерами разных типов (мультиспектральная камера, термокамера и камера ночного видения). Этот блок позволяет распознавать препятствия на значительном расстоянии (до 2000 м – автомобили, 1500 м – люди). При обнаружении опасности извещения получает не только машинист, но и диспетчер. Плюсами данной системы являются дальность действия и возможность работать в любых погодных и световых условиях. Имеется и ограничение – невозможность использования на участках с высокой скоростью движения.

Обустройство пешеходных переходов сферическими зеркалами. Из существующих систем обеспечения безопасности можно отметить положительный опыт такого решения. Это позволяет человеку еще на подходе к железнодорожным путям увидеть приближающийся поезд. Их принцип действия идентичен устройству зеркал заднего вида на автомобилях.

Пешеходный переход типа «Змейка». Такое зигзагообразное ограждение для пешеходных переходов через железнодорожные пути зарекомендовало себя уже достаточно хорошо.

Применение ГОБО-проекторов [4]. Для использования в темное время суток, с нашей точки зрения, является очень интересным решением. На поверхности перед местом пересечения пешеходных переходов и железнодорожных путей создается яркая проекция изображения, предупреждающего об опасности. Такая интеллектуальная подсветка может существенно повлиять на снижение риска наезда подвижного состава.

2. Мониторинг мест несанкционированного пересечения гражданами железнодорожных путей вне станций.

Несмотря на то, что появление любого беспилотного летательного аппарата (БПЛА) вызывает у многих беспокойство, они все шире применяются для различных целей. Ведь угроза использования БПЛА в террористических целях когда-нибудь исчезнет. Для мониторинга мест несанкционированного пересечения людьми железнодорожных путей и борьбы с этим опасным явлением можно использовать опыт государственной автоинспекции с использованием беспилотных летательных аппаратов. Применение БПЛА позволяет оперативно выявить транспортные средства, нарушающие правила дорожного движения, фиксировать факт нарушения с помощью установленной на БПЛА видеокамеры и передать информацию ближайшему посту ДПС. Таблички с информацией о том, что участок дороги контролирует БПЛА с прибором фиксации нарушений, устанавливаются рядом с автомобильными дорогами и позволяют снижать количество нарушений ПДД [5]. Этот опыт может быть задействован и на железных дорогах. БПЛА может определить места несанкционированного пересечения гражданами железнодорожных путей, интенсивность трафика в этих местах по времени суток и дням недели. В определенных случаях БПЛА также можно использовать для оповещения граждан о приближении подвижного состава путем светозвуковой сигнализации или речевых сообщений.

3. Мероприятия для снижения случаев суицидов на железнодорожных путях.

Рассмотрим некоторые мероприятия, предлагаемые для внедрения на европейских железных дорогах, где такая проблема существует уже длительное время.

Барьеры вдоль железнодорожных путей. Результаты большинства исследований, которые проводились ЕС в рамках проекта RESTRAIL (REduction of Suicides and Trespasses on RAILway property) свидетельствуют, что надежное предотвращение проникновения граждан в зоны, удобные для сведения счетов с жизнью, возможно только при наличии полноценных физических барьеров, сложных для преодоления обычным человеком. Как правило, такими барьерами являются ограждения высотой не менее двух метров [6]. Такие препятствия делают железную дорогу малопривлекательным местом для суицидов. Другие мероприятия, в частности попытки отговорить от выбора железной дороги для самоубийства через СМИ, показали гораздо менее эффективные результаты. Но, поскольку физические барьеры достаточной высоты на протяжении всех железнодорожных путей никогда не станут реальностью, то приходится искать и другие способы снижения привлекательности железной дороги для самоубийц.

Режим динамического освещения. Некоторые зарубежные исследования показывают, что добиться снижения суицидов, используя железную дорогу, можно путем организации соответствующих режимов освещения вблизи железнодорожных путей на станции. При приближении человека к железнодорожным путям и нахождении около них в течении определенного времени активируется освещение другого, например синего, цвета. Такое неожиданное изменение обстановки способно изменить заданную модель поведения человека и отказаться от намеченных действий. С точки зрения потенциального самоубийцы такое освещение привлекает внимание к его поступку, снижается анонимность и вызывает определенную нерешительность [7]. Конечно, эффективность данного метода резко снижается в светлое время суток. Большинство специалистов скептически относятся к данному предложению.

4. Меры борьбы с использованием гражданами наушников при нахождении в опасной зоне.

Вариант решения данной проблемы предложен в Институте радиотехнических систем и управления Южного федерального университета. Разработанное там устройство позволяет отключать беспроводные наушники при приближении пользователя к железной дороге. В настоящее время устройство тестируется. Правда, нерешенными остаются правовые вопросы, связанные с нарушением прав человека на получение информации [8].

Выводы. В России решение вопросов обеспечения безопасности граждан возложено, прежде всего, на ОАО «РЖД», как на владельца инфраструктуры железнодорожного транспорта. Некоторые из рассмотренных в статье решений могут оказаться перспективными и полезными. Но надо отметить отдельно, что усилий одних только железнодорожников явно будет недостаточно, поскольку корень зла лежит в человеческом факторе. Поэтому без прямой и косвенной поддержки государства здесь не обойтись. Ведь работа с молодежью, в том числе с «зацеперами», формирование безопасной культуры поведения населения, привлечение психологов для поиска путей снижения случаев суицидов на железнодорожном транспорте и разработка критериев административной ответственности граждан – это, прежде всего, прерогатива государства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Эстафета поколений. Годовой отчет 2024. [Электронный ресурс] / ОАО «РЖД» : [сайт]. URL: https://rspp.ru/upload/uf/48e/zi1sz4lw7v9uqpxl1fmylsg2zyxpvw5i/rzd_compressed.pdf (дата обращения: 27.11.2025).
- 2 Харлап С. Н., Занько Р. И. Обзор локомотивных устройств обнаружения препятствий на железнодорожных путях // Проблемы на транспорте. Материалы X международной конференции. Гомель: БелГУТ, 2020. С. 41-43.
- 3 Харлап С. Н., Шишковец В. П. Система автоматического контроля зоны железнодорожного переезда // Проблемы на транспорте. Материалы X международной конференции. Гомель: БелГУТ, 2020. С. 44-46.
- 4 Канонин Ю. Н., Тихомиров О. И., Иост Н. И. Перспективные технологии визуализации опасностей // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2023. Т. 20. Вып. 2. С. 385–395. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-2-385-395.
- 5 ГИБДД использует дроны для выявления нарушений уже в 17 регионах России / Цветков заявил, что ни полиция, ни РЖД не справляются с зацеперами [Электронный ресурс] / ДРОМ : [сайт]. URL: <https://news.drom.ru/85042.html> (дата обращения: 27.08.2024).
- 6 Radbo H, Svedung I, Andersson R. Suicides and other fatalities from train-person collisions on Swedish railroads: A descriptive epidemiologic analysis as a basis for systems-oriented prevention // J Saf Res. 2005. № 36 (5). С. 423–428.
- 7 Radbo H, Andersson R. Patterns of suicide and other trespassing fatalities on state-owned railways in greater Stockholm; implications for prevention // Int J Environ Res Public Health. 2012. № 9 (3). С. 772–780.
- 8 Проект ИРТСУ для РЖД [Электронный ресурс] / ИРТСУ Институт радиотехнических систем управления : [сайт]. URL: <https://rtf.sfedu.ru/projects/stud-project>

ТЕНДЕНЦИИ НЕПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА

Ю. Н. Канонин, О. И. Тихомиров

Петербургский государственный университет путей сообщения

Введение. Проблема производственного травматизма, несмотря на все усилия ОАО «РЖД», продолжает оставаться актуальной. Цель работы: оценить динамику производственного травматизма граждан в зоне движения железнодорожного подвижного состава, рассмотреть основные причины наездов подвижного состава на граждан.

Методы решения задачи: поиск и анализ статистических данных о случаях травмирования граждан в зоне движения железнодорожного подвижного состава, сравнение с ситуацией в некоторых других странах.

Анализ статистических данных из различных источников [1-3] показывает, что в последние годы число погибших и пострадавших граждан (не работников железнодорожного транспорта) на железнодорожных путях снижается. Хотя число таких жертв значительно ниже при дорожно-транспортных происшествиях и пожарах (см. таблицу), тем не менее, это остаётся серьёзной национальной проблемой, требующей анализа и оперативного принятия решений.

Таблица

Число граждан, пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях, при пожарах и в результате наездов железнодорожного подвижного состава

Годы	ДТП		Пожары		Непроизводственный травматизм в ОАО РЖД	
	Погибло	Ранено	Погибло	Ранено	Погибло	Травмировано
2013	27025	258457	10601	11132	2302	3505
2014	26963	251785	10138	10997	2168	3210
2015	23114	231197	9405	10962	1950	2899
2016	20308	221140	8749	9905	1813	2724
2017	19088	215374	7824	9361	1737	2553
2018	18214	214853	7913	9650	1610	2390
2019	16981	210877	8567	9477	1552	2254
2020	16152	183040	8313	8434	1340	1953
2021	14874	167856	8473	8403	1352	1963
2022	14172	159635	7746	8140	1298	1886
2023	14504	166500	7755	8454	1171	1679
2024	12748	144311	7545	8372	1180	1678

Непроизводственный травматизм населения представляет для ОАО «РЖД» не менее серьёзную проблему, чем производственный. Так, в 2021 году произошло 126 несчастных случаев на производстве (из них 17 со смертельным исходом), а в результате производственного травматизма погибло 1352 человека. Более того, по данным Всероссийского научно-исследовательского института труда [4], число погибших в зоне подвижного состава ежегодно превышает число погибших от несчастных случаев на производстве по всей России (рисунок).

Основной причиной производственного травматизма является человеческий фактор, то есть осознанное или неосознанное нарушение правил безопасности в зоне движения подвижного состава. Попробуем разобраться, что побуждает человека игнорировать правила безопасности, подавлять инстинкт самосохранения и голос разума. Большинство травм граждан на железной дороге связано с выходом на пути в неположенных местах перед приближающимся поездом – более 80 %. Также следует отметить, что около 10 % травм происходит на пешеходных платформах станций.



Рис. Количество погибших на производстве и в результате непроизводственного травматизма в РФ

Анализ статистических данных о травматизме граждан показывает, что в последнее время для ОАО «РЖД» серьезной проблемой стали смертельные травмы, связанные с алкогольным опьянением (порядка 20-30 % от общего числа погибших) и самоубийства.

В абсолютных цифрах число жертв от самоубийств на железнодорожной сети велико. Так, в 2022 году было зафиксировано 342 самоубийства [3]. В 2023 году на Октябрьской железной дороге зафиксировано 27 случаев с признаками самоубийства, что составляет 14 % от общего числа пострадавших [5]. За тот же период 2024 года зафиксировано 9 случаев с признаками самоубийства (29 % от общего числа аварий), 3 случая с признаками алкогольного опьянения (10 % пострадавших).

При сохранении текущих темпов уровень самоубийств на железной дороге может достичь европейского уровня, с оценочной численностью погибших там по этой причине в 3000 человек ежегодно в период с 2012 по 2016 год (от 60 до 73 % всех смертей на дорогах) [6- 8]. В связи с ростом числа самоубийств на железных дорогах в 2011 году во многих европейских странах, Австралии и Японии был запущен проект Европейского союза RESTRAIL (REduction of Suicides and Trespasses on RAILway property). Этот проект в первую очередь разрабатывает механизмы по сокращению причин таких ситуаций. Это привело к стабилизации числа суицидов на железных дорогах, несмотря на общий рост уровня самоубийств в этих странах.

Наиболее удобным местом для самоубийств на железных дорогах является железнодорожная колея, что обусловлено высокой доступностью. Большая скорость движения подвижного состава и соответственно протяженный тормозной путь (до 2 километров при скорости 250 км/ч) гарантируют потенциальному самоубийце необходимый результат. Статистика непроизводственного травматизма за рубежом показывает, что в разных странах существуют определенные закономерности самоубийств, связанных с железнодорожным транспортом, но большинство случаев происходит именно на перегонках. Например, погибшие в результате суицидов на железной дороге 36 % в Швеции ходили по рельсам, 30 % ложились на них, а еще 30 % прыгали или бежали перед поездом. В Финляндии половина всех самоубийств произошла во время ожидания поезда на железнодорожных путях, 18 % прыгали или бежали перед поездом. В Соединенных Штатах 36 % ложились на рельсы, 27 % прыгали под поезд, а еще 27 % шли по рельсам [6-8].

По статистике вероятность выживания при попадании под поезд на перегоне значительно ниже, чем на станции – 16 % по сравнению с 6 % [9]. По данным RESTRAIL, почти 50 % самоубийств на железнодорожном транспорте было совершено в состоянии алкогольного или наркотического опьянения, причем пьяными жертвами в основном становятся молодые люди.

Не менее серьезной проблемой является зацепинг, который широко распространен среди детей и подростков и оказывает существенное влияние на статистику непроизводственного травматизма детей. Травмы детей и подростков, например, на Октябрьской железной дороге за последние три года составили 7 % от всех случаев травматизма, а смертельные случаи – 6,15 %. Травмы детей до 10 лет обычно связаны с недостаточным присмотром взрослых, а дети старшего возраста все чаще становятся жертвами зацепинга, что является проявлением девиантного поведения молодежи. В настоящее время

несчастные случаи от зацепинга среди детей и подростков составляют более 36 % всех несчастных случаев на железнодорожном транспорте [10].

Феномен зацепинга имеет место не только в России. Но если в некоторых странах это связано с нехваткой денег на проезд или просто с нежеланием его оплачивать, то у нас и в отдельных других странах зацепинг – это самоутверждение молодых людей, которые так развлекаются от нечего делать. Такие поездки дают заряд адреналина и создают репутацию «крутого парня» среди сверстников. Часто это дети из очень обеспеченных семей. Синонимами зацепинга в английском языке являются «train surfing» (train – «поезд» и surfing – «серфинг», то есть «езда вдоль поверхности») и «train hopping» («запрыгивание в поезд»), в немецком – S-Bahn-Surfen. В России это явление наиболее распространено в Московской и Ленинградской областях. По данным [11], только в Московской области насчитывается более 20 тысяч зацеперов, а в России – сотни тысяч [12].

С возрастом участники трейнсёрфера, конечно, совершенствуют меры безопасности. При выборе одежды и снаряжения учитываются погодные условия, продолжительность поездки и тип подвижного состава. Многослойное термобельё, защитные маски и перчатки позволяют «путешествовать» при минусовых температурах. В таких поездках часто используется альпинистское снаряжение. Для обеспечения страховки и создания дополнительных точек опоры в поездах без поручней участники поездного сёрфинга используют специальные крепёжные средства, учитывающие конструктивные особенности вагонов. Например, для крепления к окнам поезда могут использоваться вакуумные присоски, а в технические отверстия с резьбой вкручивают рым-болты, за которые крепятся страховка или карабин [13]. Однако это не исключает возможности падения с движущегося поезда и, тем более, не защищает от последствий взаимодействия с контактным проводом.

Проблему зацепинга можно было бы решить организацией молодёжного досуга. Но в условиях «рыночной экономики» никто не хочет вкладывать средства в создание картинговых трасс, аэродромов, парашютных клубов и других мест для выброса адреналина среди подростков из-за отсутствия экономической выгоды. Место, ранее занимаемое ДОСААФ, теперь полностью пустует. Ограничительные меры, такие как блокировка групп этой субкультуры в социальных сетях, загоняют их в подполье и снижают возможности контроля за ними. Отношение молодёжи к просветительской работе, проводимой в школах представителями железной дороги и ГИБДД об опасности поездок на поездах, может быть разным. Некоторым школьникам это лишь открывает глаза на новые возможности для развлечений.

Федеральный закон от 16 апреля 2022 года № 93-ФЗ [14] ужесточает административную ответственность за различные виды зацепинга, увеличивая штраф в 40 раз (до 4000 рублей). Но остановит ли эта сумма подростков?

К сожалению, железнодорожный подвижной состав спроектирован таким образом, что даже начинающий зацепер может найти возможности для проезда без специального оборудования. С технической точки зрения вносить изменения в конструкцию подвижного состава нецелесообразно из-за высоких затрат и неопределённых перспектив.

Не менее актуальной проблемой является использование подростками наушников в зоне движения подвижного состава. Анализ, проведенный на Свердловской железной дороге, показал, что в 85 % случаев травмирования пострадавшими были подростки в возрасте 15 лет и старше. Причем, 45 % из них были связаны с использованием подростками наушников, блокирующих восприятие внешних сигналов [15].

Выводы. Выявлено, что происходит постепенное сокращение случаев травмирования граждан в зоне движения подвижного состава. Но, что крайне печально, не снижается детский травматизм. Появляются дополнительные проблемы, связанные с ростом числа самоубийств на железнодорожных путях, порочной практикой зацепинга среди подростков, а также в результате использования молодыми людьми наушников для прослушивания музыки при нахождении на железнодорожных путях. Целесообразно сконцентрировать усилия по разработке профилактических мероприятий именно в молодежной среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Статистика дорожно-транспортных происшествий в РФ. [официальный сайт]. URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 13.04.2025).
- 2 Отчет о транспортных происшествиях с причинением вреда жизни или здоровью граждан, не связанных с производством, на территории объектов инфраструктуры ОАО «РЖД» за 2021 год / [Электронный ресурс] / docs.google.com: [сайт]. URL: <https://docs.google.com/gview?url=http://kansp.ru/wp-content/uploads/2022/05/4168.1.pdf&embedded=true> (дата обращения: 17.05.2025). Москва 2022, 12с.
- 3 Производственный травматизм [Электронный ресурс] / Охрана труда в России : [сайт]. URL: <https://ohranatruda.ru/news/898/595/> (дата обращения: 27.08.2025).
- 4 Канонин Ю. Н., Тихомиров О. И. Анализ опыта зарубежных железных дорог по предупреждению непроизводственного травматизма в результате суицидов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. 2023 № 2 (63). С. 94-98.
- 5 Brendan Ryan, Veli-Pekka Kallberg, Helena Radbo, Grigore M Havârneanu, Anne Silla, Karoline Lukaschek, Jean-Marie Burkhardt, Jean-Luc Bruyelle, El-Miloudi El-Koursi, Eric Beurskens, Maria Hedqvist. Collecting evidence from distributed sources to evaluate railway suicide and trespass prevention measures // Ergonomics. 2018. № 61 (11). С. 1433-1453.
- 6 Radbo H, Svedung I, Andersson R. Suicides and other fatalities from train-person collisions on Swedish railroads: A descriptive epidemiologic analysis as a basis for systems-oriented prevention // J Saf Res. 2005. № 36 (5). С. 423-428.
- 7 Radbo H, Andersson R. Patterns of suicide and other trespassing fatalities on state-owned railways in greater Stockholm; implications for prevention // Int J Environ Res Public Health. 2012. № 9 (3). С. 772-780.
- 8 Silla A, Luoma J. Main characteristics of train-pedestrian fatalities on Finnish railroads. // Accid Anal Prev. 2012. № 45. С. 61 - 66.
- 9 D. Lasota, A. Al-Wathinani, D. Mirowska-Guzel, K. Goniewicz. Alcohol and the Risk of Railway Suicide [Электронный ресурс] / ResearchGate: [сайт]. URL: https://www.researchgate.net/publication/344365256_Alcohol_and_the_Risk_of_Railway_Suicide (дата обращения: 18.02.2023).
- 10 Стало известно, почему сложно посчитать количество смертей зацеперов [Электронный ресурс] / news: [сайт]. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/243105347> (дата обращения: 27.06.2024).
- 11 «Малолетний нарушитель вряд ли сможет сам заплатить»: в России могут в 40 раз вырасти штрафы за зацепинг [Электронный ресурс] / мел : [сайт]. URL: <https://mel.fm/novosti/9026581-maloletny-narushitel-vryad-li-smozhet-sam-zaplatit-v-rossii-mogut-v-40-raz-vyrasti-shtrafy-za-zatsep> (дата обращения: 24.05.2024).
- 12 Методические рекомендации по профилактике зацепинга среди несовершеннолетних [Электронный ресурс]: [сайт]. URL: https://fcprc.ru/media/media/mediacia/%D0%9C%D0%A0_%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%B8%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B5%D0%BF%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B0_2017_rpbE0VG.pdf (дата обращения: 27.08.2024).
- 13 Колесова Е. Цветков заявил, что ни полиция, ни РЖД не справляются с зацеперами [Электронный ресурс] / Общественная служба новостей : [сайт]. URL: <https://www.osnmedia.ru/obshhestvo/tsvetkov-zayavil-chto-ni-politsiya-ni-rzhd-ne-spravlyayutsya-s-zatseperami/> (дата обращения: 19.06.2024).
- 14 Новости проезд снаружи поездов называется [Электронный ресурс] / otherforum.ru : [сайт]. URL: <https://otherforum.ru/190524/novosti-proezd-snaruzhi-poezdov-nazyvaetsya/#> (дата обращения: 17.06.2024).
- 15 Федеральный закон от 16.04.2022 № 93-ФЗ «О внесении изменений в статьи 3.5 и 11.17 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях и статью 1 Федерального закона «О внесении изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях».
- 16 Непроизводственный травматизм [Электронный ресурс] / РЖД : [сайт]. URL: <https://sr2022.rzd.ru/ru/social-aspect/occupational-industrial-safety/non-work-related-injuries> (дата обращения: 24.08.2024).

УДК 720.47

ЭКОАДАПТИВНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ СО СЛОЖНЫМИ ГРУНТАМИ И ВЫСОКОЙ ПРИРОДНОЙ ОПАСНОСТЬЮ

А. Е. Родионова, Ю. А. Холопов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Застройка сейсмоактивных территорий, оползневых зон, а дополнительно к ним участков на слабых и просадочных грунтах осуществляется с использованием технологий и технических средств, которые нарушают экосистему в зоне проведения работ. Кроме того, они требуют затраты

финансовых ресурсов в значительном количестве для поддержания стабильности конструкции. Это создает серьезные экономические проблемы [1].

Основной целью данной статьи является выявление строительных технологий и материалов, обеспечивающих высокий уровень экологической совместимости и снижение нагрузки на окружающую среду. Эти решения направлены на соединение зданий и инфраструктуры в природный ландшафт без риска негативных воздействий на биосферу.

Основная часть. Актуальность исследований определяется тем, что современное общество сталкивается с потребностями в заселении новых территорий даже со сложным ландшафтом. Устоявшиеся подходы сопряжены с риском навредить экосистеме в районе строительства. Возникает вопрос – как при строительстве сохранить природный баланс или снизить негативное воздействие на окружающую среду?

Примерами отрицательного влияния на экосистему могут служить похожие между собой ситуации в Ульяновске и Самаре. Проект застройки берегов реки Свияга для построения жилого комплекса «Ак-вамарин» в Ульяновске сопровождался нарушением гидрологических процессов и уничтожением зеленой полосы; застройка Постникова оврага в Самаре сопровождается изменениями рельефа; застройка оползнеопасных склонов в Сызранском районе Самарской области приводит к активизации оползней под действием дополнительной нагрузки от веса сооружений и повышения уровня грунтовых вод [2-4]. На облик современной застройки оказали влияние такие геоэкологические факторы и процессы, как геоморфологическое строение, овражная эрозия, оползни, карст и др. [5].

Основная задача состоит в поиске экологичных альтернатив, которые будут сохранять природное равновесие. Для решения этой задачи мы предлагаем концепцию «экоадаптивного строительства». Она основана на интегрировании инженерных сооружений в природный ландшафт и использовании доступных материалов.

Экоадаптивное строительство – это подход к проектированию сооружений с минимальным воздействием на окружающую среду. Такой подход основывается на 3 принципах: пространственных, материальных и функциональных. Рассмотрим их подробнее в табл. 1.

Таблица 1

Принципы проектирования сооружений		
Группа принципов	Принцип	Сущность
Пространственные (интеграция в ландшафт)	Принцип минимального вмешательства	Проектирование с максимальным сохранением существующего рельефа и гидрологического режима.
	Принцип биомиметического проектирования	Использование решений, заимствованных у природы.
	Принцип сохранения экологических связей	Обеспечение непрерывности экологических коридоров и маршрутов движения диких животных.
Материальные принципы (Ответственный подход к материалам)	Принцип «от колыбели до колыбели»	Использование полностью перерабатываемых материалов или материалов, безопасно возвращаемых в природу.
	Принцип локализма	Преимущественное использование местных материалов для снижения логистических затрат и углеродного следа.
	Принцип «биофильности»	Использование материалов, безопасных для здоровья и способствующих развитию живой природы.
Функциональные принципы (Регенерация и адаптивность)	Принцип регенеративного воздействия	Способность зданий и инфраструктуры улучшать состояние окружающей среды.
	Принцип адаптивности	Гибкое реагирование на внешние изменения (климатические колебания, землетрясения и др.).

Представим сравнение традиционной технологии строительства сооружений и экоадаптивной альтернативы (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная характеристика традиционной и экоадаптивной технологии строительства

Традиционная технология	Недостатки традиционного подхода	Экоадаптивная альтернатива	Техническая реализация	Экологический эффект
Засыпка водоемов, бетонные берегоукрепления	- Нарушение гидрологического режима - Уничтожение водных биотопов - Потеря способности к самоочищению - Ускорение эвтрофикации	Биоинженерное укрепление берегов	- Габионные конструкции с высадкой ивняка и водной растительности - Создание мелководий и затонов для высшей водной растительности	- Восстановление прибрежной экосистемы - Естественная фильтрация воды - Поддержание биоразнообразия - Сохранение миграционных путей
Выравнивание склонов, массивные подпорные стены	- Нарушение естественного стока - Уничтожение почвенного покрова - Высокий риск вторичной эрозии	Система «зеленых» террас и биотехнических сооружений	- Устройство террас с георешетками и местным грунтом - Посадка растений с глубокой корневой системой - Система биоплато для управления стоком - Дренаж через растительные фильтры	- Естественная стабилизация склона - Восстановление почвенного покрова - Создание экологических ниш - Улучшение гидрологического режима
Глубокие сваи из бетона	- Нарушение гидрологического режима - Миграция загрязняющих веществ в грунтовые воды - Высокий углеродный след	Винтовые сваи и биологическая стабилизация грунтов	- Винтовые сваи с защитным покрытием - Стабилизация грунтов растительными полимерами - «Зеленые» фундаменты с обратной засыпкой местным грунтом	- Сохранение естественной фильтрации - Восстановление почвенной биоты - Возможность полной рекультивации
Теплоизоляция на основе синтетических материалов	- Высокий углеродный след производства - Проблемы утилизации - Риск выделения вредных веществ - Нарушение естественной влагорегуляции	Природные теплоизоляционные материалы	- Целлюлозная эковата из переработанной макулатуры - Прессованные водоросли и тростник - Древесноволокнистые плиты - Пробковые панели	- Полная биоразлагаемость - Естественная регуляция влажности - Углеродная нейтральность - Создание здорового микроклимата
Дренажные системы из ПВХ	- Нарушение естественного водного баланса - Накопление загрязнений в коллекторах - Сложность обслуживания - Риск повреждения корнями растений	Естественные дренажные системы	- Дренажные траншеи со щепой и гравием - «Сухие» ручьи из камня - Фильтрующие траншеи с растениями-фиторе медиантами	- Естественная очистка дренажных вод - Поддержание водного баланса территории - Создание дополнительных ниш

Заключение. Таким образом, экоадаптивное строительство представляет собой многосторонний подход к освоению территорий с разной классификацией, делая упор на синергию с природой. Такое строительство помогает найти баланс между необходимой застройкой и экологической безопасностью. Проведенные исследования литературных данных и их сравнительный анализ показали, что такие

технологии застройки могут существовать и обеспечивать техническую надежность. В дальнейшем предлагается проводить испытания материалов на полигонах и в лабораториях для получения более точных результатов и внедрения в работу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Полякова, Т. В. Строительство и экология / Т.В. Полякова, А.В. Сайбель, С.В. Халезин // Инженерный вестник Дона. 2012. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stroitelstvo-i-ekologiya?ysclid=mgz37dyjig472969713>
- 2 Расстегнули зеленый пояс // Коммерсантъ. [2022]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5283414>
- 3 Вахрамовы добились разрешения на точечную застройку в Постниковом овраге // Волга Ньюс [2025]. URL: <https://volga.news/article/711184.html>
- 4 Васильева, Д. И. Развитие геоэкологической составляющей в экологической паспортизации Самарской области / Д. И. Васильева, Ю. А. Холопов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии : Сборник статей 80-ой Юбилейной всероссийской научно-технической конференции, Самара, 17–22 апреля 2023 года / Под редакцией М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, А.К. Стрелкова. Самара: Самарский государственный технический университет, 2023. С. 189-195.
- 5 Васильева, Д. И. Роль геоэкологических факторов при строительстве в Г.О. Самара / Д. И. Васильева // Российская наука: актуальные исследования и разработки : Сборник научных статей XVII Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х частях, Самара, 22 марта 2024 года. Самара: Самарский государственный экономический университет, 2024. С. 383-386.

УДК 504.05

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ

Е. С. Трегубова, Ю. А. Холопов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Рост городов приводит к повышенному спросу на энергию. Это ставит под угрозу стабильность нынешних энергосистем. В то же время, общество стремится снизить антропогенное воздействие на экосистемы. В приоритете отказ от углеводородных источников энергии в пользу низкоуглеродных альтернатив. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) предполагают один из вариантов решения проблемы. Однако их интеграция может быть связана с рядом технических, архитектурных и инфраструктурных проблем. Требуется комплексно подойти к решению этой задачи, не ограничиваясь внедрением солнечных батарей или ветрогенераторов.

Основная часть. Интеграция солнечной энергетики в мегаполис начинается с наиболее очевидного и широко используемого ресурса – поверхностей зданий. Крыши жилых, коммерческих и промышленных объектов являются основным и наиболее массовым местом для установки солнечных фотоэлектрических панелей. Пустующие территории превращаются в эффективные локальные генераторы чистой энергии. Они могут частично удовлетворять энергетические нужды объекта и разгружать городские электросети.

Строительно-интегрированная фотовольтаика (BIPV) представляет собой следующий этап развития городской солнечной энергетики. Технология позволяет внедрять солнечные энергосистемы на этапе проектирования и возведения зданий. Системы BIPV могут принимать различные формы. Солнечная черепица заменяет обычную кровлю, превращая крышу в источник энергии. Фасады зданий также могут быть выполнены из специальных панелей для генерации электричества. А такие элементы, как маркизы и козырьки, не только создают тень, но и вырабатывают энергию, например, на парковках или над входами [1].

Солнечные панели могут вырабатывать энергию и в пасмурную погоду, и даже в снегопад. Они могут устанавливаться различными способами для наибольшей эффективности:

- монтаж на скат кровли, если угол наклона ската от 30 до 60 градусов;
- установка солнечных модулей на кровлю с ориентацией восток-запад.

Для плоских крыш используются специальные крепления, которые задают необходимый угол наклона; иногда для устойчивости конструкции применяются утяжелители. Если места на кровле недостаточно, модули можно закрепить на стене дома или даже на заборе. Очень популярна наземная установка на специальные конструкции, которая удобна для обслуживания.

Земельные участки, водохранилища и очистные сооружения также эффективно используются для генерации солнечной энергии. Промышленные зоны предоставляют обширные площади, размещая панели на крышах складов и цехов. Территории учебных заведений, такие как школьные и университетские кампусы, также подходят для монтажа панелей на крышах и свободных участках. Ключевое требование для любой наземной установки – обеспечение постоянного и прямого солнечного освещения.

Таблица

Влияние затенения на выработку энергии солнечной батареи

Незатененная ячейка солнечной батареи	Частично затененная ячейка солнечной батареи	Полностью затененная ячейка солнечной батареи
100% производство напряжения и силы тока	Производство силы тока прямо пропорционально освещенности панели. Напряжение при этом не изменяется	Энергия не производится

Солнечная энергетика легко интегрируется в городскую среду. Однако, ветроэнергетика в условиях плотной застройки сталкивается с более сложными проблемами. Городской ветер отличается турбулентностью, непредсказуемостью и ослаблением из-за препятствий. Кроме того, ситуацию осложняют многочисленные нормативные ограничения. Для повышения эффективности используют инновационные турбины, в частности, вертикально-осевые. Эти турбины отличаются повышенной производительностью при переменных потоках и сниженным уровнем шума. Ключевую функцию выполняют системы аккумулирования энергии, компенсирующие нестабильность генерации.

Размещение ветровых энергетических установок (ВЭУ) строго регламентировано. Требования к размещению ВЭУ закреплены в стандарте ГОСТ Р 54435-2011 «Возобновляемая энергетика». Учитываются экологические параметры и нормативные расстояния до жилых домов. Процесс проектирования включает в себя активное моделирование ветровых потоков. Это позволяет прогнозировать их движение в городской среде и обеспечивать надежную и безопасную эксплуатацию ветрогенераторов [2].

Учитывая трудности с внедрением отдельных возобновляемых источников в городские условия, целесообразно перейти к системному решению, которое позволит объединить их в единую сеть - интеллектуальные энергетические сети (Smart Grid) [3]. Эта система позволяет гибко регулировать подачу электроэнергии. При этом дома, оснащенные такими системами, способны отдавать избыточную энергию обратно в общую сеть. Эти сети могут справляться с недостатком возобновляемых источников энергии при генерации от солнца и ветра. Для балансировки энергосистемы они применяют накопители энергии, например, сетевые и бытовые батареи. Эти устройства накапливают избыточную энергию и отдают ее в моменты пикового спроса, тем самым снижая нагрузку на сеть [3].

Массовое внедрение ВИЭ формирует экологичное будущее. По мере того, как первые партии солнечных батарей и ветрогенераторов исчерпывают свой ресурс, перед человечеством возникает новая, значительная проблема. Она ставит под сомнение экологичность всей отрасли – проблема образования отходов и их безопасной утилизации.

Согласно докладу международных организаций, опубликованному в 2016 году, к 2030 году мировые отходы от солнечных панелей составят 1,7–8 млн тонн [4]. Подобная картина наблюдается и в ветроэнергетике, где ежегодно образуются тысячи тонн композитных лопастей, подлежащих утилизации. Масштабы этих отходов создают значительную нагрузку на инфраструктуру по их утилизации. В большинстве стран объекты утилизации не были спроектированы для работы с такими большими по объему и разнообразными по составу отходами.

Солнечные панели содержат в своем составе небольшое количество кремния, который и перерабатывает солнечный свет в электричество, а также серебро, медь и токсичные тяжелые металлы, например кадмий, свинец и селен. При неправильном захоронении или разрушении модулей, тяжелые металлы способны вымываться в почву и грунтовые воды, вызывая долгосрочное загрязнение экосистем. Что касается лопастей ветрогенераторов, то основная проблема заключается в их конструкции. Они изготовлены из сверхпрочных композитных материалов на основе стекло- или углеволокна и сложных смол. Такие материалы практически не поддаются биологическому разложению. Их сжигание приводит к выбросам токсичных веществ, а механическое измельчение создает большое количество мелкодисперсной пыли [5]. Традиционное захоронение на полигонах не решает проблему в долгосрочной перспективе. Это приводит к безвозвратной потере ценных материалов, которые занимают огромные территории, лишь консервируя проблему.

Современная утилизация солнечных панелей осуществляется в несколько этапов. Панели предварительно обрабатываются, после чего производят демонтаж алюминиевых рам. Оставшиеся коробки и кабели отправляют на переплавку. Далее модули подвергают термической обработке в специальных печах. Там, под действием высокой температуры выжигается полимерная пленка, скрепляющая слои панели. Это позволяет разобрать стекло, кремниевые пластины и тыльную пленку.

Обработанные панели дробятся дробильными установками, а полученная масса проходит процесс просеивания. Для более тонкой очистки применяются методы химического разделения.

Завершающей стадией процесса является извлечение полезных компонентов. На этом этапе из полученных материалов с помощью химической обработки или электролиза извлекаются драгоценные и цветные металлы.



Рис. 1. «Кладбище» мертвых панелей

Утилизация отработанных лопастей ветрогенераторов является комплексной проблемой. Основная сложность заключается в самой конструкции лопастей. Всего в трёх 50-метровых лопастях маломощного ветряка содержится около 20 тонн полимеров, армированных волокном (FRP). Их обеспечивают прочностью и лёгкостью за счёт композитных материалов. Зачастую выбирают стекло- или углеволокно, пропитанное эпоксидными смолами. Эти материалы создают прочную и долговечную конструкцию, однако после вывода из строя они крайне трудно поддаются переработке [6].

В настоящее время разрабатываются и применяются несколько способов утилизации. Одним из наиболее распространенных является механическая переработка. Лопасты распиливаются на мелкие фрагменты с помощью промышленных резаков или дробильных установок. После чего материал может использоваться в качестве армирующего наполнителя в производстве цемента или асфальтобетонных смесей для дорожного покрытия. Этот вариант утилизации является энергоёмким и требует значительных затрат, поскольку процесс резки сверхпрочных композитов отличается высокой сложностью и длительностью.

Предпочтение отдается технологиям, гарантирующим неповрежденность и сохранение полезных качеств волокон. К ним относится термическая переработка или пиролиз. Процесс начинается с нагревания лопастей в специальных реакторах до температур 450–700 °С в бескислородной среде. В этих условиях полимерные смолы разлагаются и испаряются, а освобожденные стеклянные или углеродные волокна остаются неповрежденными. Альтернативой выступает технология растворения, при которой под воздействием высокой температуры и давления специальные химические растворители расщепляют смолу.



Рис. 2. Отрабатанные лопасти ветрогенераторов

Заключение. Перед внедрением ВИЭ необходимо учитывать их влияние на окружающую среду, экономику и общество. Эффективная утилизация отработанного оборудования для солнечной и ветряной энергетики – важный вопрос. Без решения проблемы переработки панелей и лопастей ВИЭ рискует создать новый виток экологических проблем. Технологические процессы, сочетающие механическую обработку, нагрев и химические реакции, демонстрируют свою эффективность. Однако, без стимулирующего регулирования их рентабельность остается сомнительной.

Город будущего – это не просто «умные» технологии, а целостная экосистема, где все взаимосвязано и работает как единое целое. Дальнейшие научные исследования должны быть сфокусированы на разработке новых, легко рециркулируемых материалов для ВИЭ и оптимизации процессов утилизации. Такой комплексный подход позволит превратить мегаполисы из основных источников экологических проблем в лидеров устойчивого и гармоничного развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Building Integrated Photovoltaics, June 2019 / Conference: 14th International Quality Conference **Authors:** Jasna Radulovic, Jasmina Skerlic, Mina Vaskovic, Ljubisa Bojic [Electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/333582978_Building_Integrated_Photovoltaics (date of access: 05.10.2025).
- 2 Где можно установить солнечные батареи [Электронный ресурс]. URL: <https://mywatt.ru/poleznaya-informaciya/gde-mozhno-ustanovit-solnechnye-batarei> (дата обращения: 05.10.2025).
- 3 Smart Grid Умные Сети Интеллектуальные сети электроснабжения 2025/05/28 [Электронный ресурс]. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Smart_Grid_\(%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%A1%D0%B5%D1%82%D0%B8\)?ysclid=mgqy2gv1vb618570192](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Smart_Grid_(%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%A1%D0%B5%D1%82%D0%B8)?ysclid=mgqy2gv1vb618570192) (дата обращения: 05.10.2025).
- 4 Утилизация солнечных панелей 1 февраля, 2025 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/pv-recycling.htm> (дата обращения: 08.10.2025).
- 5 Как зеленые технологии вредят экологии: обратная сторона медали Автор: Елизавета Пирогова [Электронный ресурс]. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/64d105ac9a7947557b7755e0> (дата обращения: 09.10.2025).
- 6 Зеленая энергетика совсем не зеленая: куда деваются сломанные лопасти ветряных генераторов? 8 февраля 2024, 18:10 | ОФФТОПИК [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ixbt.com/live/offtopic/zelenayaenergetika-sovsem-ne-zelenaya-kuda-devayutsya-slomannye-lopasti-vetryanyhgeneratorov.html?ysclid=mgqycqafh3409090250> (дата обращения: 09.10.2025).

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ: ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЯ ОАО «РЖД»

М. Д. Хайретдинова

Нижегородский институт путей сообщения – филиал Приволжского государственного
университета путей сообщения

Введение. В условиях усиления экологических вызовов и климатической повестки железнодорожный транспорт в России занимает особое место, как относительно экологичный вид перевозок, обеспечивающий до 87 % грузооборота страны. Вместе с тем отрасль сопряжена с целым рядом проблем: загрязнение почв и вод нефтепродуктами, образование угольной пыли при транспортировке сыпучих грузов, сточные воды локомотивных и вагонных депо, шумовое воздействие в городских агломерациях, обращение с отходами, включая опасные (ПХБ¹-содержащие конденсаторы, шпалы, масла). В статье проведен анализ нормативной правовой базы и ведомственных документов, рассмотрены примеры конкретных экологических рисков на объектах инфраструктуры ОАО «РЖД» и даны приоритетные направления их решения. Отмечается, что компания формирует комплексную систему управления окружающей средой, опирающуюся на федеральное законодательство (7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [1], 17-ФЗ «О железнодорожном транспорте» [2]), Стратегию экологической безопасности РФ до 2025 года [3] и собственную Экологическую стратегию до 2035 года [6]. Предлагаются пути совершенствования экологической политики РЖД с учетом национальных и международных стандартов устойчивого развития.

Железнодорожный транспорт в России играет ключевую роль в обеспечении экономики и международных перевозок. Его экологическая безопасность напрямую связана с устойчивым развитием государства и выполнением международных обязательств по охране окружающей среды. Несмотря на относительную «зелёность» железной дороги по сравнению с автомобильным или авиационным транспортом, воздействие на природу остается значительным и многоплановым: загрязнение земель и вод, выбросы в атмосферу, шум, обращение с отходами.

Методы решения задачи

В работе использованы методы анализа нормативной правовой базы (ФЗ-7 [1], ФЗ-17 [2], Указ Президента РФ № 176 [3], ведомственные стандарты РЖД [6-8], сопоставление с международными практиками, анализ отчетов об устойчивом развитии [7], а также кейс-метод на примере конкретных экологических инцидентов (разливы, пыление, шум, сточные воды). Применялся сравнительный и системный подход, включающий оценку инфраструктуры, технологических решений и механизмов экологического менеджмента.

Результаты исследования, их обсуждение и анализ

1. Загрязнение почв и вод нефтепродуктами

На крупных сортировочных станциях фиксируются локальные разливы дизельного топлива и масел при эксплуатации локомотивов и цистерн. Так, в 2022 г. На станции Екатеринбург-Сортировочный произошел разлив топлива при маневровых операциях. Ситуация потребовала оперативного применения сорбентов и выемки загрязненного грунта. Подобные инциденты характерны для узлов с высокой интенсивностью работы, где износ подвижного состава и человеческий фактор повышают риск аварийных проливов. В 2021 г. на станции Бекасово-Сортировочное (Московская ж. д.) произошел сход вагона-цистерны с утечкой дизельного топлива, что потребовало оперативных мер по локализации загрязнения [11].

2. Сточные воды депо и станций

Сточные воды локомотивных и вагонных депо традиционно содержат нефтепродукты, ПАВ и механические примеси. Примером является ситуация на объектах Свердловской и Горьковской железных дорог, где очистные сооружения эксплуатировались еще с 1980-х гг. и не соответствовали современным нормативам. В последние годы РЖД реализует проекты модернизации: в Екатеринбурге введены модульные очистные установки, включающие флотацию, сорбцию и ультрафиолетовое обеззараживание, что позволило снизить нагрузку на водные объекты. В 2020 г. в районе станции Агрыз (Татарстан) было зафиксировано превышение нормативов по содержанию нефтепродуктов в сточных водах локомотивного депо, что стало поводом для модернизации очистных сооружений [12].

¹ ПХБ - полихлорированные бифенилы

3. Пыление угля и сыпучих грузов

На Дальневосточной железной дороге (Приморский край, порты Находка, Восточный, Ванино) пыление угля при перевалке и транспортировке вызывает многочисленные жалобы населения. В 2021-2023 гг. экологические организации фиксировали превышение ПДК угольной пыли в жилой зоне. Для снижения риска применяются системы орошения вагонов, химические реагенты-связыватели и установка шумопылезащитных экранов. Однако масштаб проблемы требует комплексного решения с участием портов и региональных властей. В Находке в 2021 г. жители неоднократно фиксировали выпадение угольной пыли на жилую застройку, что вызвало широкий общественный резонанс и проверки Роспотребнадзора [13].

4. Шумовое воздействие

В крупных городах (Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Новосибирск) фиксируется рост жалоб населения на шум от движения поездов. Проблема усугубляется увеличением грузопотоков и скоростей движения. В 2019-2024 гг. РЖД совместно с муниципалитетами реализует установку шумозащитных экранов и внедряет «тихие» тормозные колодки. Однако потребность в актуализации карт шума и расширении защитных мероприятий остается высокой. В Санкт-Петербурге в 2022 г. жители Московского района обратились с коллективной жалобой на ночной шум от грузовых составов, что привело к установке шумозащитных экранов [14].

5. Обращение с отходами

Важной проблемой является обращение с опасными отходами. В 2023 г. РЖД совместно с Росатомом запустило программу обезвреживания ПХБ-содержащих конденсаторов на тяговых подстанциях. Вопрос утилизации шпал, пропитанных креозотом, остается острым: применяются технологии термического обезвреживания и переработка в щепу для цементных печей. С 2022 г. на вокзалах внедряется раздельный сбор отходов, в том числе через призму установку фандоматов для пластика и алюминия. В 2023 в рамках пилотного проекта на Октябрьской железной дороге были утилизированы первые партии шпал с применением технологий термического обезвреживания [15].

6. Климатическая повестка

По данным отчетов об устойчивом развитии, выбросы парниковых газов ОАО «РЖД» в 2024 г. составили около 35,6 млн тонн CO₂-экв. [7]. Это один из крупнейших показателей среди российских компаний. Основной вклад вносят дизельная тяга и косвенные выбросы от потребления электроэнергии. В качестве решения реализуются проекты по переходу на газомоторные и гибридные локомотивы, развитие электро-сбережения и электрификации. Например, на Дальневосточной железной дороге в 2023 г. внедрение гибридных локомотивов позволило снизить выбросы CO₂ на 8 % на отдельных маршрутах [16].

СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ И МЕР ОАО «РЖД»



Рис. Система экологических рисков и мер ОАО «РЖД»

Практическое приложение результатов

На практике система экологического менеджмента РЖД реализуется через:

- СУОС, соответствующую ISO 14001 [8];
- модернизацию очистных сооружений (Екатеринбург-Сортировочный) [7];
- программу обезвреживания ПХБ-оборудования [7];

- внедрение фандоматов и системы раздельного сбора отходов (158 вокзалов, 216 установок) [7];
- проекты по электрификации и газомоторной тяге для сокращения парниковых газов [16].

Выводы

Железнодорожный транспорт остается важнейшим элементом транспортной системы России, требующим усиленного внимания к экологической безопасности. Наличие нормативной правовой базы и отраслевых стандартов позволяет выстраивать комплексную систему природоохранных мер. Однако для достижения целей устойчивого развития необходимы: дальнейшая модернизация инфраструктуры (очистные сооружения, пылеподавление, шумозащита), усиление производственного экологического контроля, прозрачная система обращения с отходами, внедрение инноваций в тягу и энергетику.

РЖД демонстрирует системный подход к решению экологических задач, что соответствует требованиям государственной политики и международных обязательств России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ред. от 2024 г.) // Собрание законодательства РФ. 2002. № 2. Ст. 133.
- 2 Федеральный закон от 10.01.2003 № 17-ФЗ «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» (ред. от 2024 г.) // Собрание законодательства РФ. 2003. № 2. Ст. 169.
- 3 Указ Президента РФ от 19.04.2017 № 176 «О Стратегии экологической безопасности РФ до 2025 года» // Собрание законодательства РФ. 2017. № 17. Ст. 2546.
- 4 Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р «О стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» // Собрание законодательства РФ. 2021. № 45. Ст. 7665.
- 5 Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 326 «Об утверждении госпрограммы «Охрана окружающей среды» (ред. от 2025 г.) // Собрание законодательства РФ. 2014. № 17. Ст. 2057.
- 6 ОАО «РЖД». Экологическая стратегия до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. М.: ОАО «РЖД», 2021. 64 с.
- 7 ОАО «РЖД». Отчёт об устойчивом развитии 2023 г. М.: ОАО «РЖД», 2024. 212 с.
- 8 СТО РЖД 16.001-2021 «Система управления охраной окружающей среды ОАО «РЖД». Общие положения». М.: ОАО «РЖД», 2021. 48 с.
- 9 ГОСТ 33325-2015. Железнодорожный транспорт. Внешний шум. Методы расчёта. М.: Стандартинформ, 2016. 22 с.
- 10 СП 51.13330.2011. Защита от шума. М.: Минрегион России, 2011. 145 с.
- 11 Ecospas. Разлив дизельного топлива на станции Бекасово-Сортировочное [Электронный ресурс]. URL: <https://ecospas.ru> (дата обращения: 02.10.2025).
- 12 Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Татарстан в 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://eco.tatarstan.ru> (дата обращения: 02.10.2025).
- 13 Форум «Восток». Проблемы угольной пыли в Находке [Электронный ресурс]. URL: <https://forumvostok.ru> (дата обращения: 02.10.2025).
- 14 Документы ЦНТД. Жалобы жителей на шум железнодорожного транспорта в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. - URL: <https://cntd.ru> (дата обращения: 02.10.2025).
- 15 Контур.Норматив. Утилизация шпал на Октябрьской ж.д. [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru> (дата обращения: 02.10.2025).
- 16 ОАО «РЖД». Внедрение гибридных локомотивов на Дальневосточной ж.д. [Электронный ресурс]. URL: <https://company.rzd.ru> (дата обращения: 02.10.2025).

ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ

Н. В. Чернова, С. Н. Перетокин

Уральский государственный университет путей сообщения

Введение. На всех предприятиях создаются здоровые и безопасные условия труда, устанавливаются правовые основы регулирования отношений в области охраны труда между работодателями и работниками, а также создаются условия труда, соответствующие требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. Отрасль транспорта не является исключением. Обеспечение здоровых и безопасных условий труда возлагается на отдел охраны труда предприятия. Охрана труда обязана внедрять современные средства техники безопасности, предупреждающие производственный травматизм, и обеспечивать санитарно-гигиенические условия, предотвращающие возникновение профессиональных заболеваний работников. Также важным аспектом безопасности труда является экологическая безопасность. Экологическая безопасность на предприятии является важным шагом к пониманию того, как современные компании могут сочетать эффективную деятельность с заботой об окружающей среде. В условиях глобальных экологических вызовов, таких как изменения климата, истощение природных ресурсов и загрязнение, предприятия обязаны адаптировать свои стратегии управления, чтобы обеспечить не только финансовую устойчивость, но и экологическую ответственность [5: 43, 4: 112].

Методы. В работе применялись системный анализ и сравнительная оценка нормативно-правовой базы, а также методы научного познания: анализ, синтез, индукция, дедукция.

Результаты. Определены основные вредные факторы транспортной отрасли – физические, химические и психофизиологические – и разработаны направления по их устранению. В области экологии проанализированы стратегии перехода на альтернативные виды топлива и внедрения «зелёных» стандартов.

Практическое приложение результатов. Положения и выводы исследования могут быть использованы студентами вузов, магистрантами, аспирантами и всеми, интересующимися развитием теории конкуренции.

Интенсивное развитие транспортной системы неизбежно сопровождается необходимостью обеспечения безопасности труда и минимизации загрязнений окружающей среды. Для решения данных проблем применяют охрану труда и экологическую безопасность предприятия.

Отрасль транспорта традиционно является сферой с повышенным риском травматизма. Работники сталкиваются со множеством вредоносных и опасных производственных факторов (таблица 1) [4: 89].

Таблица 1

Типы опасных факторов

Типы факторов	Примеры
Физические	Повышенный уровень шума и вибрации, неблагоприятный климат, электромагнитные поля, движущийся подвижной состав, высокое напряжение.
Химические	Контакт с горючими и токсичными материалами, с выхлопными газами, аэрозолями и химическими реагентами.
Психологические	Высокое нервно-эмоциональное напряжение, монотонность труда и высокая физическая нагрузка.

Основные направления работы по охране труда на транспорте включают:

1. Строгое соблюдение режимов труда и отдыха.

Это особенно критично для водителей дальнего следования, пилотов и машинистов, где переутомление может привести к катастрофическим последствиям. Внедрение систем тахографии и мониторинга состояния персонала становится стандартом [4: 151].

2. Использование средств индивидуальной защиты.

Каски, защитные очки, перчатки, спецобувь, средства защиты органов слуха – обязательный минимум для многих профессий в транспортной отрасли.

3. Регулярные медицинские осмотры.

Они позволяют своевременно выявить профессиональные заболевания и не допустить к работе лиц, чье состояние здоровья не соответствует профессиональным требованиям.

4. Обучение и инструктажи.

Непрерывное обучение правилам безопасности, действиям в чрезвычайных ситуациях и использованию нового оборудования – залог снижения человеческого фактора аварийности.

5. Автоматизация и роботизация.

Внедрение автоматизированных систем управления, беспилотных технологий и роботов для выполнения опасных и тяжелых работ позволяет минимизировать присутствие человека в зонах риска.

Экологическая безопасность – одна из составляющих национальной безопасности, совокупность природных, социальных, технических и других условий, обеспечивающие качество жизни, ее безопасность.

Экологическая безопасность – состояние защищённости природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий. В понятие экологической безопасности входит система регулирования и управления, позволяющая прогнозировать, не допускать и ликвидировать экологические аварии [2: 29].

Экологическая безопасность предприятия предполагает экологическое проектирование, в процессе которого разрабатываются экологическая документация. Экологическое проектирование можно разделить на разработку экологической документации по отходам производства и потребления, экологической документации, ориентированной на выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и документов, связанных со сбросами в водные объекты. Обязательным направлением в работе любого предприятия является деятельность по охране окружающей среды (таблица 2) [1: 145].

Таблица 2

Нормативно-правовая база экологической безопасности на предприятии

Документация	Описание
ФЗ-№7 «Об охране окружающей среды»	Документ определяет правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы
ФЗ-№89 «Об отходах производства и потребления»	Определяет правовые основы обращения с отходами в целях предотвращения вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду, а также вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья
Пункт 1 статьи 19 Федерального закона от 24.06.1998 №89-ФЗ (ред. от 31.07.2025) «Об отходах производства и потребления»	Индивидуальные предприниматели и юридические лица, осуществляющие деятельность в области обращения с отходами, обязаны вести в установленном порядке учёт образовавшихся, обработанных, утилизированных, обезвреженных, переданных другим лицам или полученных от других лиц, а также размещённых отходов

Транспорт – один из основных источников загрязнения окружающей среды. Загрязнение атмосферного воздуха в крупных городах достигает 80-90 %. Основные проблемы Стратегии повышения экологической безопасности транспорта:

1. Переход на альтернативные виды топлива и энергии.

- Транспорт на электродвигателях – наиболее перспективный путь для городского и легкового транспорта.

- Использование природного газа (метана) в качестве моторного топлива для грузового и пассажирского транспорта значительно снижает выбросы вредных веществ.

- Водородная энергетика развивается для тяжелого грузового транспорта, морских и воздушных судов.

2. Повышение эффективности двигателей внутреннего сгорания. Совершенствование двигателей, систем нейтрализации выхлопных газов позволяют снизить негативное воздействие существующего парка.

3. Внедрение экологических стандартов на объектах транспортной инфраструктуры (вокзалы, аэропорты, терминалы): энергосберегающие технологии, системы сбора и очистки ливневых стоков, раздельный сбор отходов [1: 192].

Взаимосвязь Охраны труда и экологической безопасности на предприятии.

Охрана труда и экологическая безопасность - взаимодополняющие системы. Интеграция данных систем позволяет заметно улучшить условия труда работников (рисунок).



Рис. Взаимосвязь Охраны труда и Экологической безопасности

1. Правовое и нормативное пересечение:

- Действуют единые законы, которые регулируют условия труда и экологические аспекты. (ФЗ №7 «Об охране окружающей среды»).

- Требования к обращению с опасными веществами и переработке отходов одновременно относятся к 2-м системам.

2. Совместное воздействие на вредоносные факторы:

- Охрана труда борется с факторами, влияющими на здоровье сотрудников (шум, вибрации, загрязнения, загазованность, вредные вещества).

- Экологическая безопасность направлена на снижение вредных выбросов в окружающую среду.

3. Единые методы и техники:

- Внедрение альтернативных видов топлива (снижают загрязнение атмосферы и уменьшают уровень шума и вибраций).

- Автоматизация и роботизация (снижают риски для сотрудников при выполнении опасных работ и повышают точность процессов, при этом уменьшают объем вредных выбросов).

4. Культура безопасности:

- Формирование общей культуры безопасности на предприятии включает в себя обучение сотрудников и внедрение экологических стандартов для снижения уровня опасности и загрязнения.

- Ответственность за соблюдение норм обычно возлагается на смежные отделы или руководство.

5. Синергетический эффект:

- Улучшение одного направления, часто приводит к положительному влиянию на другой.

- Экологическая чистая среда благоприятно влияет на условия труда.

Снижение выбросов в атмосферу улучшает условия труда для водителей, работников депо и диспетчеров, находящихся в зонах воздействия транспорта. Переход на электромобили не только сокращает углеродный след, но и уменьшает уровень шума и вибрации, создавая более комфортную среду для работников [6: 163].

Выводы. Охрана труда и экологическая безопасность тесно взаимосвязаны. Транспортную отрасль эта взаимосвязь не обошла стороной. Мероприятия, направленные на улучшение одних аспектов в данной отрасли, благоприятно влияют на другие. Основные вредоносные факторы являются одновременно источником профессионального риска для работников и загрязнением окружающей среды. Эффективное решение проблем требует интегрированного подхода, который включает в себя технологическую модернизацию, административные меры, соблюдение нормативно-правовой базы, развитую культуру безопасности. Таким образом, интеграция охраны труда и экологической безопасности является не просто обязательным, но и стратегическим важным аспектом для получения долгосрочного положительного эффекта в транспортной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ходоченко, Анастасия Викторовна. Формирование «зеленой» экономики в странах ОЧЭС в контексте устойчивого развития: диссертация ... кандидата экономических наук: 08.00.14 / Ходоченко Анастасия Викторовна; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»]. - Ростов-на-Дону, 2022.
- 2 Системы экологического контроля менеджмента, требования и руководства по применению. ГОСТ Р ИСО 14001 – 2020 г.
- 3 Методические рекомендации о порядке организации работы по экологической безопасности и охране окружающей природной среды на предприятии.
- 4 Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда / П.П. Кукин и др. М.: Высшая школа, 2022. 336 с.
- 5 Попов, Ю. П. Охрана труда / Ю.П. Попов. М.: КноРус, 2018. 224 с.
- 6 Сапронов, Ю. Г. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда на предприятиях автосервиса / Ю.Г. Сапронов. М.: Academia, 2021. 304 с.

СЕКЦИЯ 8

Вопросы проектирования, строительства, ремонта и эксплуатации железнодорожного пути и искусственных сооружений

УДК 691

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. А. Алфимова, В. Ю. Чухнова, Л. Ф. Казанская

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Введение. Интенсификация процессов водоподготовки и очистки сточных вод приводит к устойчивому росту объемов осадков, традиционная утилизация которых сопряжена с экологическими рисками, высокими операционными затратами и нарастающими регуляторными ограничениями. Одновременно строительная отрасль сталкивается с дефицитом природных нерудных материалов, что стимулирует расширение использования вторичных ресурсов. На стыке этих проблем формируется технологически и экономически обоснованная идея вовлечения осадков водоочистки в производство строительных материалов.

Целью данного исследования – рассмотрение возможности перевода осадка водоочистных сооружений из категории отходов в ресурс через его внедрение в состав сырьевых смесей для строительных материалов с подтверждением экологической и технической пригодности.

Методы решения задач. При исследовании использованы аналитические и сравнительные методы, а также методы синтеза, обобщения и систематизации.

Анализ полученных результатов. Сточные воды – это пресные воды, различные по происхождению, составу и физико-химическим свойствам, которые использовались человеком для бытовых и технологических нужд (рис.1). При этом вода получает загрязнения, а ее физико-химические свойства изменяются [1].



Рис. 1. Виды сточных вод [составлено авторами]

Для получения строительной смеси необходимо подготовить сточные воды, используя следующие такие методы подготовки как 1) механические (фильтрация, отстаивание); 2) физико-химические (коагуляция, флокуляция, адсорбция, ионно-обменная очистка, электро-химические методы); 3) биологические (аэробная, анаэробная (очистка активным илом)); 4) деструктивные методы – озонирование и хлорирование.

При этом полученный осадок подвергается дополнительной очистке для возможности использования его в различных областях (рекультивация отработанных карьеров, выдерживание на иловых площадках с последующей заправкой образовавшегося компоста, сырье для получения биотоплива, сырье для создания строительных материалов) [2].



Рис. Система для механической обработки сточных вод [9]

Цель обработки осадков сточных вод – получить итоговый продукт с такими свойствами, которые позволяют его безопасно и рационально использовать.

В типовой технологической цепочке обработки осадков обычно выделяют несколько этапов: уплотнение (сгущение), стабилизацию органической части, кондиционирование, обезвоживание, извлечение (утилизацию) ценных компонентов и, при необходимости, окончательную ликвидацию.

Уплотнение – может выполняться гравитационным способом, флотацией, вибрационными методами, центрифугированием, а также термогравитационными приёмами.

Стабилизация – включает анаэробное сбраживание, аэробную минерализацию (аэрационную стабилизацию) и реагентные методы стабилизации осадков.

Кондиционирование – это обработка неорганическими реагентами, термическое воздействие, применение полиэлектролитов, электрокоагуляция, а также приёмы «заморозка–оттаивание».

Обезвоживание – выполняют на иловых площадках, вакуум-фильтрах, фильтр-прессах, центрифугах и в сушильных установках.

Ликвидация – включает сжигание в печах, жидкофазное окисление, сброс в накопители и другие варианты окончания цикла.

Утилизация – это, например, сельскохозяйственное применение, возврат и регенерация ценных продуктов, а также использование осадков (или их производных) в производстве строительных материалов [3.]

В технологической схеме очистных сооружений сточных вод образуются несколько фракций осадка [4]:

Первичный осадок (ПО) в первичных отстойниках и избыточный активный ил (ИАИ) во вторичных отстойниках. В промышленной практике указанные потоки, как правило, консолидируются в единый смешанный осадок перед стадиями стабилизации и обезвоживания. Такая консолидация обеспечивает выравнивание расхода и свойств сырья, упрощает дозирование реагентов, повышает устойчивость работы сгущающих и обезвоживающих агрегатов, а также позволяет применять унифицированные маршруты последующей термообработки (сушка, моносжигание/совместное сжигание) для получения золы осадка как целевого минерального продукта для строительных материалов.

Вместе с тем консолидация не является безусловной: отдельному обращению подлежат потоки, не относящиеся к иловой линии (решётный мусор, песок из песколовок), а также аномальные или технологически чувствительные фракции, содержащие повышенные концентрации масел, ПАВ, легкорастворимых солей (хлоридов, сульфатов) и/или тяжёлых металлов. В целях обеспечения стабильного качества и предсказуемых свойств композиционных материалов такие потоки исключают из общего смешения либо дозируют строго ограниченно, сопровождая операцию входным контролем (паспорт партии по влажности, потерям при прокаливании, химическому составу и показателям выщелачивания) [5].

Выделенные в процессе очистки сточных вод осадки относятся к труднофильтруемым суспензиям коллоидного типа. Большие объёмы, бактериальная зараженность, наличие органических веществ, способных быстро загнить с выделением неприятных запахов, а также неоднородность состава и свойств осадков осложняет их обработку. Обработка осадков, выделяемых в процессах очистки сточных вод, проводится с целью получения конечного продукта, наносящего минимальный ущерб окружающей среде или пригодного для утилизации в производстве [6].

Практическое приложение результатов. При внедрении предлагаемых технологических схем в процесс производство, можно выделить следующие этапы:

1. Стабилизация. Смешанный осадок (первичный + избыточный активный ил) стабилизируют, используя анаэробное/ аэробное стабилизирование и известкование, это делают для того, чтобы снизить биологическую активность, запах и сделать материал более предсказуемым для

следующего этапа. При анаэробной стабилизации дополнительно образуется биогаз, которым можно частично покрывать теплоэнергетические потребности. Это уменьшает эксплуатационные затраты и нагрузку на энергосистему.

2. Обезвоживание. Используя ленточный пресс или центрифугу осадок обезвоживают до содержания сухих веществ 18-30 %.
3. Сушка. Полученный материал доводят до сыпучего состояния. Сухой материал лучше дозируется, равномернее подаётся в термическое оборудование, меньше прилипает и даёт чище отходящие газы.
4. Моносжигание. При ~850–950 °С органика полностью выгорает, получается зола осадка сточных вод – минеральный порошок практически без органики и патогенов. Это устраняет необходимость захоронения осадка на полигоне, где образуется метан и возможны загрязнения грунтовых вод. Одновременно мы получаем стабильный минералосырьевой компонент для стройматериалов, который можно хранить, перевозить и дозировать как обычный порошок.
5. Очищение. С помощью улавливания и пылеулавливания для улучшения качества будущего строительного материала.
6. Первичный контроль. Чтобы использовать полученную золу для дальнейшего получения бетона необходимо проверить на наличие влаги и следов тяжелых металлов, оценить химический состав.
7. Гранулометрия. Правильное распределение размеров повышает плотность, снижает пористость, повышая плотность бетона, так же из-за большого количества мелких частиц возникает высокая водопотребность, смесь становится гуще; оптимальная смесь фракций даёт лучшую подвижность при меньшем содержании воды. Чем мельче зола, тем выше потенциальная активность.
8. Тест на выщелачивание. Проверка экологической безопасности сырья.

Зола подвергается помолу в шаровой и струйной мельнице (избавление от окускованных прочных твердых материалов), демпфирование растворенных солей (если содержание Cl и SO_3 , то необходима короткая промывка, фильтрация, повторная сушка), смешение с известняком или тонкомолотым для баланса реологии и прочности [7].

После прохождения этапов, осадок сточных вод можно плавно вводить в бетон в качестве корректирующей добавки [8].

При выполнении всех этапов, получается готовый материал, которым можно заменять часть цемента, при этом прочностные свойства готового бетона будут улучшаться [9].

Выводы. Как известно, цемент – самый «углеродоёмкий» и дорогой компонент в обычном бетоне. Замена 0,6 % цемента на золу снижает расход клинкера и, как правило, уменьшает углеродный след смеси (ориентировочно на десятки килограммов CO_2 на 1 м^3 при типичных удельных факторах). Одновременно снижается закупочная стоимость на единицу продукции (за счёт вытеснения части цемента) и устраняются расходы на захоронение осадка. В сумме это даёт положительный финансовый баланс уже при 0,6 % замещения, особенно если учесть предсказуемость смесей и экономию на браке. Мировые и отечественные исследования показывают: сырой осадок в цементных системах без специальной подготовки ухудшает гидратацию и прочность, тогда как зола как минеральная добавка в 0,6 % позволяет сохранить проектный класс по прочности при корректной реологии и одновременно уменьшить расход клинкера. Последовательная переработка осадка до состояния SSA переводит отходы в востребованный минеральный ресурс, устраняя потребность в захоронении и связанных с этим рисках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Яковлев С. В., Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Издательство АСВ, 2006. 697 с.
- 2 Васильева А. В., Харламова М. Д. Современные способы переработки осадков сточных вод и перспективы их использования в России. М.: Sciences of Europe. № 9 (9), 2016.
- 3 Благоразумова А. М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод: учеб. пособие. Ч. 1. Новокузнецк: СибГИУ, 2010. 139 с.
- 4 Чулкова И. Л., Смирнова О. Е., Красова А. В. Применение осадков сточных вод в производстве бетона научная статья г. Новосибирск.
- 5 Шахов С. А., Рудая Т. Л., Николаев Н. Ю. Влияние осадка водоподготовки на спекаемость и структурно-механические свойства строительной керамики // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2015. № 1. С. 42–48.
- 6 Аубакирова И. У. Использование осадка водоочистных сооружений при производстве строительных материалов // Academia. Архитектура и строительство. 2020. Т. 25, № 4. С. 32–37. DOI: 10.23968/2305-3488.2020.25.4.32-37.

- 7 Станкевич К. С.; Усова Н. Т.; Лукашевич О. Д. Выделение и утилизация отходов водоподготовки Томского водозабора // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2010. № 3. С. 11–16.
- 8 Мамонтова Р. П. Санитарная гидротехника. Москва: МОРКНИГА, 2012. 496 с.
- 9 Выбор системы для механической и термической обработки осадков сточных вод [Электронный ресурс] // НТЦ «ЭКОПРОФИ». 01.04.2024 (дата обращения: 01.10.2025).

УДК 625.144.5/7, 625.143.58

АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВВОДА РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ В ОПТИМАЛЬНУЮ ТЕМПЕРАТУРУ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

В. В. Атапин, Е. Р. Синдюков

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Железнодорожный путь в России наиболее 75 % состоит из бесстыкового пути. Главная задача состоит обеспечения безопасности движения поездов. Поэтому разработка системы контроля ввода рельсовых плетей в оптимальную температуру закрепления актуальна. Существующие методы контроля не имеют максимальной точности и зависят от человеческой недосмотренности. Создав автоматизированную систему контроля, можно сократить время «оконов» и снизить затраты на обслуживание пути.

Что такое температура закрепления? Несмотря на ключевую роль понятия «температура закрепления» в эксплуатации бесстыкового железнодорожного пути, общепринятого унифицированного определения в нормативных документах и научной литературе нет. Разные авторы и нормативные источники формулируют свое определение. Поэтому приведем из распространенных трактовок более сохраняющий единый смысловой стержень.

Температура закрепления – это зафиксированное в паспорте плети значение температуры, при которой рельс был закреплён в расчётном интервале температур. Это значение служит отправной точкой для мониторинга напряжённо-деформированного состояния плети и планирования работ по регулировке напряжений. Иначе говоря, это температура, при которой закрепили рельс. Если же рельс открепить, при той же температуре, что зафиксировали, то он не будет обладать внутренним напряжением.

Нормы прописаны в настоящий момент в «Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути», утверждённая Распоряжением ОАО «РЖД» от 14.12.2016 №2544р [2]. Они устанавливают следующее, что температура закрепления должна находиться в диапазоне оптимальной температуры закрепления плетей.

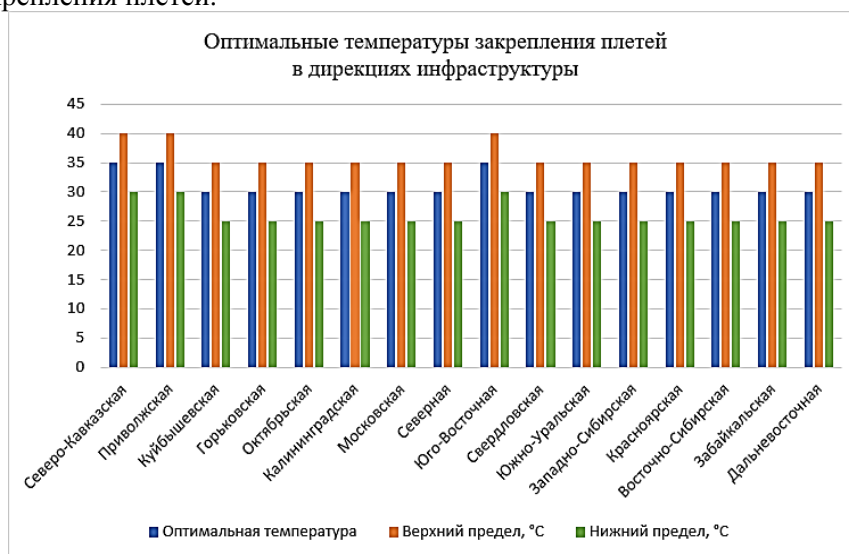


Рис. 1. График оптимальной температуры закрепления плетей по дирекциям инфраструктуры

График наглядно показывает, что на каждой дирекции инфраструктуры имеется своя оптимальная температура закрепления плетей, тем самым допустимый диапазон её варьирования строго регламентирован. Например, Приволжская дирекция инфраструктуры имеет значение оптимальной температуры $35 \pm 5^\circ\text{C}$ (синим цветом). Это говорит о том, что закрепить плеть можем в интервале от 30°C (оранжевым цветом) до 40°C (зеленым цветом). Но, если же мы будем выполнять данный процесс на Куйбышевской дирекции инфраструктуры, это будет неверно. Так как на Куйбышевской значение уже $30 \pm 5^\circ\text{C}$ и диапазон оптимальной температуры закрепления совсем другой. Выход за его границы, например, при 15°C или 41°C – недопустим и может привести к нарушению норм эксплуатации. Проанализировав все выше сказанное, приходим к такому выводу, в бесстыковом пути рельсовые плети закрепляются при определенной температуре – оптимальной температуре закрепления.

Вдобавок на температуру закрепления рельсовых плетей в бесстыковом пути влияют такие факторы как растягивающие и сжимающие усилия. Как это происходит, рассмотрим пример каждого усилия.

Если рельсовая плетя была закреплена на Куйбышевской дирекции инфраструктуры при 28°C , а температура воздуха летом и в жаркие дни достигла до 42°C , то в рельсах возникают сжимающие усилия. Происходит за счет того, что при нагревании атомы металла начинают быстро и хаотично двигаться в его структуре, тем самым конструкция увеличивается. И поэтому рельс растягивается. Но из-за закрепления скреплениями, рельса к шпале возникают сжимающие напряжения, что не дают рельсу удлиниться т.е. оказывают ему сопротивление.

С растягивающими усилиями происходит в точности наоборот. Оставим температуру закрепления подобной, а температура воздуха понизится до -5°C . Металл в холодный период сжимается, потому что уменьшается кинетическая энергия атомов внутри вещества. Рельс сжимается, но сопротивление оказывают снова рельсовые скрепления, шпала и балласт. Здесь и возникают растягивающие напряжения.

По разобранным примерам, можно понять, что эти усилия обусловлены температурным расширением и сжатием металла, а их величина зависит от разницы между текущей температурой рельса и температурой закрепления. При экстремально низких температурах, усилия могут превысить прочность рельса, может привести к его разрушению. При сильно жарких температурах может возникнуть деформация пути т.е. выбросу рельса. В настоящее время единой централизованной автоматизированной системы контроля ввода рельсовых плетей в оптимальную температуру закрепления не имеется. Но приоритетно контролируется по подвижкам рельсовых плетей относительно маячных шпал.

Практическое приложение результатов

Рассмотрим решения угона Приволжской дирекции инфраструктуры на станции Саратов. Величина подвижек на «маячных» шпалах: №2 - 0 мм; №3 – -6 мм; №4 - 0 мм; №5 – -5 мм; №6 - -14 мм. Радиус кривой составит 1000 мм, а температура закрепления рельсовых плетей 35°C .

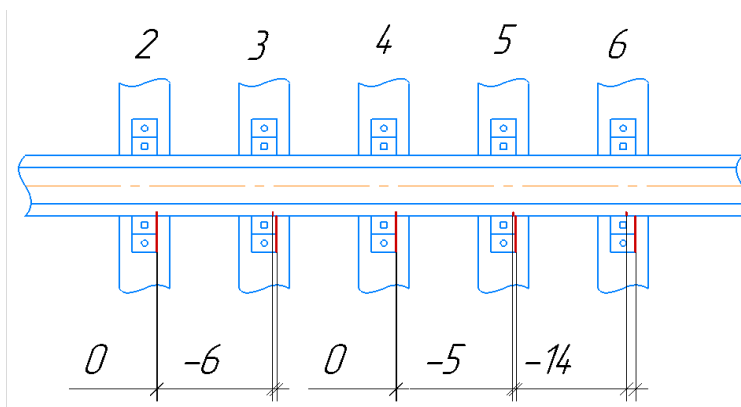


Рис. 2. Графическое представление величин подвижек рельсовых плетей относительно контрольных сечений, зафиксированных на «маячных» шпалах.

Чтобы определить расчёт параметров угона рельсовых плетей нужно посчитать по установленной формуле:

$$\Delta l_i = l_i - l_{i-1} \quad (1)$$

$$\Delta l_{3-2} = (-6) - 0 = -6 \text{ мм (укорочение)}$$

$$\Delta l_{4-3} = 0 - (-6) = 6 \text{ мм (удлинение)}$$

$$\Delta l_{5-4} = (-5) - 0 = -5 \text{ мм (укорочение)}$$

$$\Delta l_{6-5} = (-14) - (-5) = -9 \text{ мм (укорочение, посчитаем максимальным угоном)}$$

Теперь произведем расчетное отклонение температуры закрепления при уgone рельсовых плетей по следующей формуле:

$$\Delta t_{yг} = \pm 0.85 \Delta l_i \quad (2)$$

$$\Delta t_{yг} = -0.85 \cdot 9 = -7.65 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Расчет фактической температуры, когда происходят подвижки и определяется разница между подвижками, то бишь укорочение – это приводит к изменению исходной паспортной температуры закрепления и образуется новая. В данном случае обращаемся к конкретной формуле:

$$t_{з.ф.} = t_3 \pm \Delta t_{yг} \quad (3)$$

$$t_{з.ф.} = 35 - 7.65 = 27.35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Вычисляем нижнюю границу температуры, при которой допускается закреплять рельсовую плеть с учётом требований устойчивости, по формуле:

$$\min t_3 = t_{\max \max} - [\Delta t_y] \quad (4)$$

Значение $t_{\max \max}$ и $[\Delta t_y]$ берем с Инструкции по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути, от 14.12.2016 №2544р.

$[\Delta t_y]$ - для данного случая используем рельсы типа Р65 с эпюрой 2000 и щебнем из скальных пород.

$$\min t_3 = 60 - 49 = 11 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Анализ полученных результатов

Приведем график, где показано как изменилась фактическая температура от температуры закрепления, когда происходят подвижки на шпалах. Тем самым по значениям видно, как поменялась температура закрепления от первоначального.

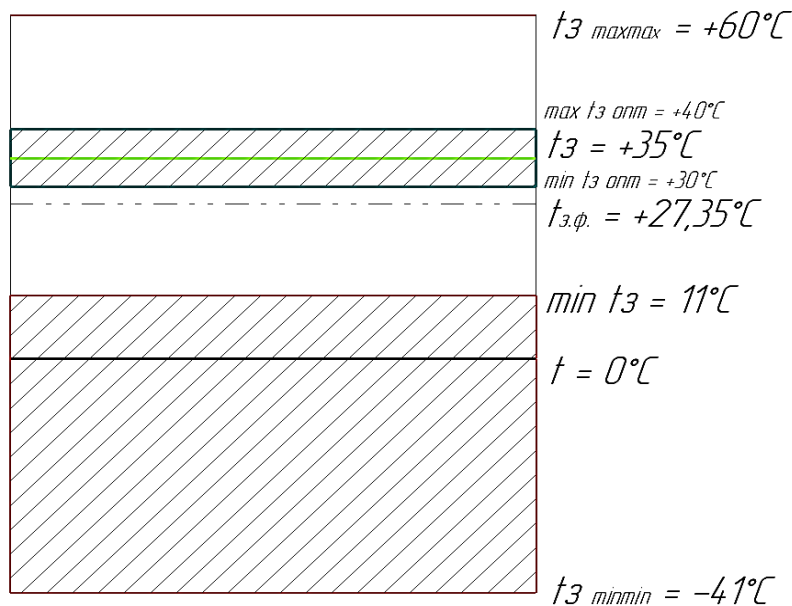


Рис.3. График температурных изменений рельсовых плетей во времени

Необходимо проверять выход за пределы оптимального температурного интервала температуру закрепления в соответствии с инструкцией. Если такой выход зафиксирован, это требует принятия мер - разрядка, ввод рельсовых плетей в оптимальную температуру закрепления.

Методы решения задачи

Но в процессе эксплуатации на пути нет автоматизированного контроля и устройства для ввода рельсовых плетей в оптимальную температуру закрепления, это будет являться целью моей диссертационной работы. Однако соответствующая разработка уже существуют, представлена она в статье Бахтиярова Э.М., Галлямова Д.И. [1]. Нацелена на улучшение точности температуры закрепления рельсовых плетей за счет автоматизации процесса контроля.

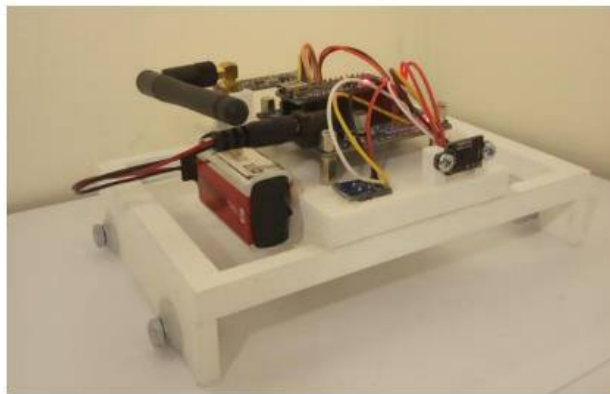


Рис. 4. датчик мониторинга температурных режимов и деформаций рельсового сечения

Достоинствами являются: измерение расстояния с точностью до 1 мм, определение температуры с погрешностью 0,5 °С, беспроводная передача данных, использование современных компонентов (Arduino Nano), автоматическая фиксация всех этапов работы. Недостатками можно выделить: ограничение по дальности связи из-за применения радиоканала, зависимость от источников питания, перед началом работы необходимо калибровка датчиков, стоимость, трудность обслуживания.

Вывод

Необходимость проработки данного вопроса более детальнее и разработка новой специализированной системы контроля становится очевидной для обеспечения требуемого уровня безопасности и эффективности железнодорожного пути.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бахтияров, Э. М. Система контроля ввода рельсовых плетей в оптимальную температуру закрепления / Э. М. Бахтияров, Д. И. Галлямов // Вестник транспорта Поволжья. 2020. № 2(80). С. 43-49. EDN WTUQSS.
- 2 Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути, утверждённая Распоряжением ОАО «РЖД» от 14.12.2016 №2544р.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БАЛЛАСТНОГО И БЕЗБАЛЛАСТНОГО ПУТИ И ОБЛАСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

А. С. Белко, Н. Э. Амиров

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современное железнодорожное строительство стоит перед сложным выбором в определении оптимальной конструкции верхнего строения пути. Традиционный балластный путь, являясь «классикой» железнодорожного дела, на протяжении столетий доказывал свою надежность. Однако рост скоростей движения, увеличение нагрузок на ось и ужесточение требований к эксплуатационной надёжности и экономической эффективности обусловили появление и активное развитие безбалластного (или «бесстыкового плитного») пути. Данная технология, широко применяемая на высокоскоростных магистралях (ВСМ), в метрополитенах и тоннелях, предлагает принципиально другой подход к формированию пути. В связи с этим актуальным является проведение сравнительного анализа этих двух типов конструкций для определения границ их эффективного и экономически оправданного применения. Целью данной статьи является сравнение балластного и безбалластного пути по ключевым параметрам: капитальным и эксплуатационным затратам, эксплуатационным характеристикам и влиянию на окружающую среду.

Балластный путь – это исторически сложившаяся и наиболее распространённая конструкция верхнего строения пути. Его основными элементами являются (рис. 1):

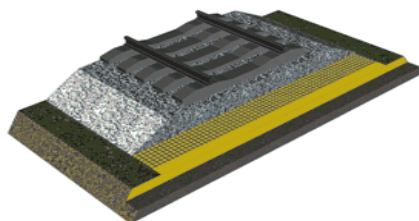


Рис. 1. Схема классического балластного пути: 1 – рельс; 2 – шпала; 3 – балластная призма; 4 – земляное полотно

Балластная призма выполняет ряд важных функций. Она амортизирует и перераспределяет динамические нагрузки от подвижного состава на земляное полотно, обеспечивает устойчивость рельсошпальной решётки в продольном и поперечном направлениях, дренаж отводит воду от шпал и земляного полотна. Балластный путь ремонтнопригоден с ним легко производить выправку пути (подъёмку и рихтовку) с помощью балластировочных машин.

Таким образом, балластный путь представляет собой гибкую и ремонтнопригодную систему, где балласт является ключевым элементом, обеспечивающим упругость и устойчивость всей конструкции.

Безбалластный путь – это жёсткая конструкция, в которой рельсы уложены на бетонное или железобетонное основание (плиту или раму) через систему упругих прокладок (рис. 2). Балластный слой в такой конструкции отсутствует полностью.

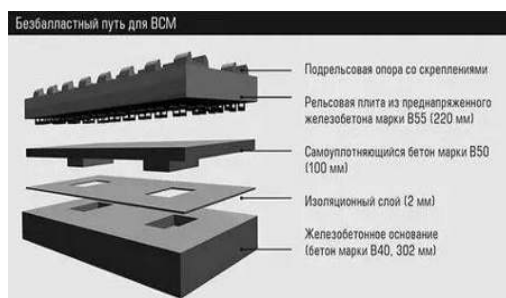


Рис. 2. Схема безбалластного пути

Основные функции амортизации и стабилизации возлагаются здесь на самую жёсткую конструкцию и систему креплений. Бетонная плита или рама воспринимает и распределяет нагрузки, специальные резиновые прокладки в подрельсовых основаниях и под плитами гасят вибрации и шум, обеспечивая необходимую упругость на микроуровне, а жёсткость основания гарантирует, что путь не теряет своей геометрии под воздействием вертикальных и горизонтальных сил.

Данная конструкция широко используется на объектах с повышенными требованиями к стабильности и надёжности: мостах, в тоннелях, на высокоскоростных линиях и станциях метро.

Первоначальные инвестиции в строительство безбалластного пути существенно выше, чем у балластного аналога. Это связано с использованием больших объёмов высококачественного бетона, арматуры, сложной опалубки и более дорогостоящих материалов для креплений.

Таблица 1

Сравнительный анализ капитальных затрат (CAPEX)

Наименование статьи затрат	Балластный путь	Безбалластный путь
Материалы	Относительно низкая стоимость (щебень, ж/б шпалы)	Высокая стоимость (бетон, арматура, фибробетон, специальные крепления)
Укладка и строительство	Высокая степень механизации, отработанная технология	Сложный процесс, требующий высокой точности, специальной техники и квалификации рабочих
Подготовка земляного полотна	Требования высокие, но допускаются некоторые деформации	Требования исключительно высокие, необходима идеально ровная и стабильная основа

Исходя из сравнительного анализа можно сделать вывод, что стоимость материалов для безбалластного пути может быть выше в 2-4 раза. Трудозатраты и стоимость укладочных работ безбалластного пути также значительно выше. Требования к подготовке земляного полотна для безбалластного пути очень высоки, любая просадка земляного полотна под ним будет критична и сложноустранима. Итого безбалластный путь проигрывает по первоначальным инвестициям.

Несмотря на высокие капитальные затраты, безбалластный путь демонстрирует значительное преимущество в эксплуатации.

Таблица 2

Сравнительный анализ эксплуатационных расходов (OPEX)

Наименование затрат	Балластный путь	Безбалластный путь
Трудозатраты на текущее содержание.	Высокие. Необходимы регулярная выправка, подбивка, очистка балласта.	Крайне низкие. В основном визуальный осмотр и периодическая очистка.
Долговечность и межремонтные сроки.	15-25 лет до капитального ремонта (замена балласта, шпал).	40-60 лет до капитального ремонта.
Затраты на ремонт	Средние/высокие. Требуется регулярных затрат на щебень и работу.	Низкие. Ремонт сложен и дорог, но требуется очень редко.

Исходя из сравнительного анализа эксплуатационных расходов можно сделать вывод, что основная экономия безбалластного пути достигается за счёт сокращения персонала и техники для содержания, безбалластный путь обладает более длительным жизненным циклом, ремонт безбалластного пути – это локальный ремонт бетона, что является специализированной операцией. Итого по OPEX Безбалластный путь лидирует по экономичности в долгосрочной перспективе.

Эксплуатационные характеристики. Стабильность геометрии-это ключевое преимущество безбалластного пути. Его жёсткая конструкция практически не подвержена просадкам и угону даже под воздействием самых интенсивных нагрузок и на высоких скоростях (свыше 250 км/ч), в то время как балластный путь требует постоянной выправки для поддержания уровня, так как балластная призма под динамическими нагрузками «работает» – перераспределяется и уплотняется. Безбалластный путь устойчив к погодным условиям, он не боится морозного пучения грунта и ливневых потоков, которые

могут размывать балластную призму. Однако в сильные морозы он, как более жёсткий, может передавать больше температурных напряжений на рельсы. На искусственных сооружениях использование безбалластного пути является практически безальтернативным решением. Он позволяет снизить строительную высоту пути, исключает проблему загрязнения и разрушения балласта, падающего с мостов, и не требует устройства бортов против угона.

Важный акцент на упругости и жёсткости. Различие между двумя типами пути заключается в их жёсткостных характеристиках. Балластный путь – это упругая система. Балластный слой работает как амортизатор, поглощая значительную часть динамических нагрузок. Это снижает воздействие на земляное полотно и подвижной состав, но приводит к накоплению остаточных деформаций в балласте, требующих постоянного устранения. Безбалластный путь – это жёсткая система. Динамические нагрузки передаются на основание почти без амортизирования балластным слоем. Это выдвигает высочайшие требования к качеству земляного полотна и бетонного основания. Вся амортизация обеспечивается исключительно за счёт упругих элементов в скреплениях. В результате, вибрации и шум могут передаваться больше, но геометрия пути остаётся неизменной. Это положительно сказывается на динамике взаимодействия пути и подвижного состава на высоких скоростях, снижая износ как рельсов, так и ходовых частей вагонов.

Влияние на окружающую среду. Балластный путь, благодаря своей массе и упругости, обладает лучшими шумопоглощающими свойствами на низких и средних скоростях. На высоких скоростях шум от воздушных потоков под вагоном становится значительным, и здесь ровная поверхность безбалластного пути может иметь преимущество. Вибрации от жёсткого пути могут быть выше, что требует применения дополнительных виброгасящих прокладок. Балластный путь является источником пыли от щебня, особенно на высоких скоростях. Безбалластный путь этой проблемы лишён. Балластный путь легко утилизируется – щебень и шпалы могут быть переработаны или использованы повторно. Утилизация безбалластного пути связана с переработкой бетонных конструкций, хотя этот процесс более энергозатратный, но все же решаемый.

Таким образом, проведя сравнение по ключевым параметрам – капитальным и эксплуатационным затратам, эксплуатационным характеристикам и экологическому воздействию – можно перейти к синтезу и определению областей эффективного применения каждой технологии.

Вывод. Проведённый анализ позволяет чётко определить области эффективного применения каждого типа пути. Безбалластный путь является оптимальным решением для высокоскоростных магистралей (ВСМ), где стабильность геометрии – ключевое требование, линий метрополитена, особенно в тоннелях, где важны снижение габаритов и минимизация эксплуатационных расходов, железнодорожных мостов, виадуков и тоннелей, где исключение балласта решает ряд технических и экологических проблем, участков с интенсивным движением, где сокращение «окон» для ремонта критически важно. Традиционный балластный путь экономически и технически оправдан на большинстве грузовых и магистральных линий с умеренными скоростями и нагрузками, линиях с невысокой интенсивностью движения, где высокие капитальные затраты на безбалластный путь не окупятся за счёт экономии на эксплуатации, участках со сложными грунтовыми условиями, где упругость балластного пути лучше компенсирует возможные осадки земляного полотна. Таким образом, выбор между балластным и безбалластным путём – это комплексный технико-экономический расчёт, учитывающий скоростной режим, нагрузки, финансовые возможности и долгосрочные эксплуатационные стратегии. Будущее железнодорожного транспорта, несомненно, связано с расширением применения безбалластного пути на критически важных и высоконагруженных направлениях, в то время как балластный путь останется «рабочей лошадкой» для подавляющего большинства железнодорожных линий мира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сравнительный анализ балластных и безбалластных технологий строительства железнодорожного пути на участке экспериментального кольца Г. Щербинка. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36958951>
- 2 Савин А. В. Опыт укладки и эксплуатации безбалластного пути LVT // Путь и путевое хозяйство. 2013. № 5. С. 31-34.
- 3 Воробьева Я. Ю., Липатова О. С., Разуваев А. Д. Анализ стоимости жизненного цикла безбалластной конструкции // Актуальные проблемы управления экономикой и финансами транспортных компаний: сб. трудов Национальной научно-практической конференции. М.: 2016. С. 222-226.
- 4 Исследования безбалластной конструкции верхнего строения пути / А. В. Савин [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2015. № 6. С. 23-32.

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕЖНЕВОЙ КОНСТРУКЦИИ ПУТИ

А. С. Белко, Т. Р. Кадыров

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современное железнодорожное строительство активно развивает безбалластные технологии, обладающие преимуществами в долговечности и эксплуатационных расходах. Однако их ключевой недостаток – повышенная передача шума и вибрации из-за отсутствия демпфирующего балластного слоя – требует поиска специальных инженерных решений.

В этом контексте перспективным направлением является переосмысление исторической лежневой конструкции. Она представляет интерес не только как прообраз безбалластного пути, но и как платформа для интеграции современных виброакустических решений.

Основная часть. Исторически лежневой путь применялся на первых железных дорогах и в промышленности из-за простоты. Однако с ростом скоростей и нагрузок он был вытеснен более дешёвым и ремонтпригодным шпально-балластным путём. Развитие материаловедения и ужесточение экологических норм в XXI веке вызвали новый интерес к этой конструкции, но на качественно ином, технологичном уровне.

Лежневая конструкция пути представляет собой принципиально иной подход к организации рельсовой инфраструктуры, где традиционные поперечные шпалы заменяются продольными элементами – лежнями. Ключевым преимуществом данной системы является создание непрерывной опоры для рельса по всей его длине. Такое решение обеспечивает значительное снижение прогиба путевой структуры под подвижным составом, что напрямую ведет к уменьшению вибродинамических воздействий на окружающую среду. Этот фактор особенно критичен для городских транспортных систем и тоннельных участков, где требования к экологической безопасности и комфорту максимально высоки.

Современные реализации лежневых конструкций, такие как система Pre-cast PSC BLT Track Plinth (рис. 1), демонстрируют тенденцию к использованию предварительно изготовленных железобетонных элементов. Это не только ускоряет процесс монтажа, но и обеспечивает высокую точность геометрических параметров пути, его долговечность и стабильность.



Рис. 1. Pre-cast PSC BLT Track Plinth

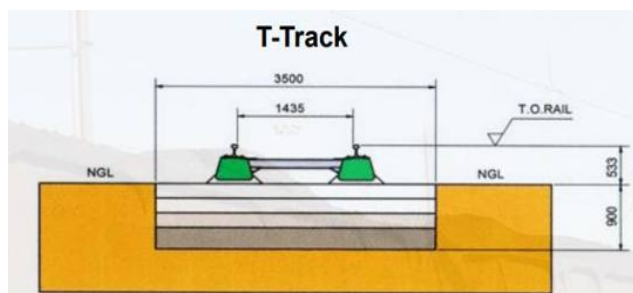


Рис. 2. Схематическое изображение Tubular Track

Опыт эксплуатации лежневых путей доказывает их универсальность и эффективность не только для пассажирских, но и для грузовых перевозок. Успешное применение технологии Tubular Track в ЮАР, в том числе в экстремальных условиях пустынных регионов, опровергает стереотип о ограниченной сфере использования таких систем. Уникальность данной конструкции подтверждается ее широким применением на разнородных объектах – от открытых магистралей до подземных шахтных выработок.

Уникальность системы Tubular Track, успешно применяемой в ЮАР, заключается в её полый цилиндрической конструкции, где лежень выполняет несколько функций одновременно: являясь несущим элементом, он также служит каналом для прокладки кабелей систем сигнализации и связи, а также эффективно работает как дренажная труба для отвода воды. Эта многофункциональность позволяет сократить капитальные затраты на сопутствующую инфраструктуру и повышает надежность пути в сложных гидрогеологических условиях. Наглядное представление о современной реализации данной технологии дает схематическое изображение конструкции (рис. 2), где ключевыми элементами являются: рельс, эластичное подрельсовое крепление, продольный железобетонный лежень,

виброизолирующая прокладка и фундаментная плита, что в комплексе формирует эффективную систему распределения нагрузок и виброизоляции.

Важным свидетельством технологической зрелости лежневых путей является возможность интеграции с ними сложных элементов инфраструктуры, в частности, стрелочных переводов. Это доказывает, что лежневая конструкция представляет собой не узкоспециализированное решение, а полноценную альтернативу традиционным путевым системам для определенных условий эксплуатации.

Анализ современных тенденций позволяет выделить несколько перспективных направлений развития лежневых конструкций:

- оптимизация для высокоскоростного движения за счет дальнейшего повышения стабильности геометрических параметров;
- разработка композитных лежней, сочетающих прочность бетона с демпфирующими свойствами полимерных материалов;
- создание адаптивных систем для сейсмически активных регионов и районов с проблемными грунтами.

Универсальность, продемонстрированная конструкциями типа Tubular Track, и специализация, присущая системам типа Pre-cast PSC BLT, указывают на возможность формирования нового сегмента в путевом хозяйстве, ориентированного на конкретные эксплуатационные требования и экологические стандарты.

Ключевым аргументом в пользу лежневой конструкции является её экономическая эффективность в рамках всего жизненного цикла (Life Cycle Cost, LCC). Если первоначальные капитальные затраты (CAPEX) на материалы и укладку могут превышать затраты на балластный путь на 20-40 %, то эксплуатационные расходы (OPEX) оказываются существенно ниже. Экономия формируется за счёт нескольких факторов: сокращения трудозатрат на содержание благодаря отсутствию балластной призмы, что исключает такие регулярные операции, как выправка, подбивка и очистка щебня; минимального количества «окон» для ремонта, поскольку высокая стабильность геометрии кардинально снижает потребность в закрытии движения для путевых работ, что критически важно для линий метрополитена и высокоскоростных магистралей, где каждый час простоя оборачивается значительными финансовыми потерями; а также увеличенного межремонтного срока, поскольку срок службы современных лежневых конструкций до капитального ремонта оценивается в 40-60 лет, что в 2-3 раза превышает аналогичный показатель для балластного пути. Таким образом, высокая начальная инвестиция окупается за счёт значительного снижения операционных издержек, делая лежневой путь экономически выгодным решением на интенсивно используемых и критически важных линиях.

Механизм демпфирования вибраций в лежневом пути основан на его конструктивных особенностях, которые выгодно отличают его от классического безбалластного пути с точечными опорами. Непрерывная опора рельса на лежень позволяет равномерно распределять и поглощать динамические нагрузки по всей длине пути. Этот эффект усиливается за счет применения многоуровневой системы виброизоляции: эластичные подрельсовые прокладки гасят высокочастотные колебания, а виброизолирующие плиты или маты, размещаемые между лежнем и бетонным основанием, поглощают низкочастотные вибрации. В результате, в отличие от жёстких плитных систем, современная лежневая конструкция работает как единый демпфирующий «сэндвич», обеспечивая снижение уровня вибрации на 5-10 дБ и шума на 3-5 дБА по сравнению с традиционными безбалластными решениями, что подтверждено результатами натурных испытаний на линиях метро в Европе и Азии.

Проведен сравнительный анализ (табл.) между лежневой конструкцией пути, классической безбалластной конструкцией пути и обыкновенным балластным путем.

Таблица

Сравнительный анализ конструкций пути

Критерий	Лежневой путь	Классический безбалластный путь	Балластный путь
Вибрация и шум	Низкий (непрерывная опора)	Высокий (точечные опоры)	Средний (демпфирование балластом)
Стабильность геометрии	Очень высокая	Очень высокая	Требует постоянной выправки

Критерий	Лежневой путь	Классический безбалластный путь	Балластный путь
Стоимость (CAPEX)	Высокая	Высокая	Низкая
Эксплуатационные расходы (OPEX)	Низкие (долговечность)	Низкие	Высокие (постоянное содержание)
Скорость монтажа	Высокая (готовые элементы)	Средняя	Средняя/Низкая
Ремонтопригодность	Сложный ремонт	Сложный ремонт	Простой ремонт
Область применения	Городской транспорт, тоннели, ВСМ, проблемные грунты	ВСМ, метро, мосты	Магистральные и грузовые линии

Перспективы развития лежневого пути напрямую связаны с внедрением новых материалов и технологий, превращающих его в интеллектуальную инфраструктуру. Среди наиболее значимых инноваций выделяются «умные» материалы и системы мониторинга. В области материаловедения ведутся активные разработки по созданию композитных лежней из армированного стекло- или углепластика, которые обладают не только высокой прочностью и коррозионной стойкостью, но и выдающимися демпфирующими свойствами, превосходящими традиционный бетон. Другим перспективным направлением является самовосстанавливающийся бетон (Self-Healing Concrete), где в бетонную смесь вводятся капсулы со специальными полимерами или бактериями – при образовании микротрещин капсулы разрушаются, высвобождая заживляющий агент, который восстанавливает целостность конструкции и продлевает срок её службы. Для сейсмически активных зон актуально применение материалов с памятью формы (Shape Memory Alloys), где использование специальной арматуры позволяет конструкции поглощать энергию землетрясений и возвращаться к исходной геометрии без остаточных деформаций.

Параллельно с материалами развиваются системы мониторинга и предиктивного обслуживания. Конструкция лежневого пути идеально подходит для интеграции систем постоянного контроля: в тело бетонного лежня на этапе изготовления могут встраиваться волоконно-оптические датчики для измерения деформаций, температурных напряжений и вибраций по всей длине пути, а также тензометрические датчики для контроля нагрузок в реальном времени. Получаемые данные поступают в централизованную систему, что позволяет перейти от планово-предупредительного ремонта к предиктивному обслуживанию – выполнению работ в момент, когда фактическое состояние конструкции приближается к критическому, но до возникновения отказа. Такой подход обеспечивает максимально эффективное планирование ресурсов и предотвращение аварийных ситуаций, существенно повышая надёжность и безопасность железнодорожной инфраструктуры.

Заключение. Проведенный анализ показывает, что лежневая конструкция пути переживает ренессанс, трансформируясь из исторического курьеза в высокотехнологичное решение для задач XXI века. Благодаря своей способности эффективно гасить вибрации и шум, она является оптимальным выбором для строительства в плотной городской застройке, на подходах к тоннелям и на высокоскоростных магистралях, где экологические стандарты предельно жестки. Дальнейшее развитие, связанное с композитными материалами и системами адаптации к внешним условиям, откроет для этой технологии новые ниши, такие как сейсмоопасные регионы и районы с вечномёрзлыми грунтами. Таким образом, лежневой путь – это не альтернатива, а специализированный, высокоэффективный инструмент в арсенале современного путевого хозяйства, чьё значение будет только возрастать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Горохова Н. Ф. Безбалластный путь лежневой конструкции Т-Track // Транспортное строительство. 2018. № 10. С. 30-31. EDN YXHYZN.
- 2 Исследования безбалластной конструкции верхнего строения пути / А. В. Савин [и др.] // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2015. № 6. С. 23-32. EDN UYGZPT.
- 3 Савин А. В. Выбор конструкции пути для высокоскоростного движения // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2014. № 1. С. 55-59. EDN TOLGYF.

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Б. Б. Бокиев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Внедрение высокоскоростного железнодорожного сообщения в России представляет собой крупнейшую инфраструктурную задачу [1], сопряженную с необходимостью преодоления уникальных вызовов. Масштабы территории, суровые климатические условия и требовательная география формируют комплекс проблем, не имеющих прямых аналогов в мировой практике. Их успешное решение требует разработки адаптированных инженерных и экономических моделей, что и обуславливает актуальность данного исследования. Цель работы заключается в комплексном анализе специфических барьеров, сдерживающих развитие высокоскоростного железнодорожного сообщения (ВСД) в Российской Федерации, и в разработке адаптированных решений для их преодоления. Исследование сфокусировано на системном изучении взаимосвязанных проблем: экстремальных климатических нагрузок, сложной инженерной геологии, беспрецедентных пространственных масштабов и экономических рисков крупных инфраструктурных проектов. На основе проведенного анализа предполагается сформировать комплекс практических рекомендаций и инновационных инженерно-экономических моделей, направленных на успешную реализацию и устойчивую эксплуатацию сети ВСД в уникальных российских условиях.

Основная часть.

В контексте Российской Федерации развитие высокоскоростного движения (ВСД) пошло по уникальному пути, отличному от стратегии строительства специализированных трасс, принятой в Европе и Азии. На сегодняшний день отечественная модель базируется на интеграции современных подвижных составов в существующую железнодорожную сеть, подвергшуюся частичной модернизации. Такой подход сформировал две ключевые линии условно высокоскоростного сообщения.

Наиболее значимым коридором выступает направление Москва – Санкт-Петербург, где курсируют электропоезда «Сапсан» (рис. 1). Для реализации скоростного режима до 250 км/ч была выполнена комплексная адаптация инфраструктуры Октябрьской железной дороги, включавшая усиление пути и модернизацию систем управления. Принципиальным ограничением данной модели является совмещенный график движения с грузовыми и пассажирскими составами, что лимитирует дальнейший рост скоростных показателей.



Рис. 1. Поезд «Сапсан»



Рис. 2. Поезд «Ласточка» на станции в Нижнем Новгороде

Вторым вектором развития стало использование электропоездов «Ласточка» (рис 2) на маршрутах Москва – Нижний Новгород и Москва - Казань, а также в сообщении с курортами Черного моря. Эти поезда, достигающие скорости 160-200 км/ч, также эксплуатируются на усовершенствованных, но не выделенных линиях. Таким образом, действующая модель ВСД в РФ представляет собой важный переходный этап. Она демонстрирует адаптацию глобальных технологий к российским условиям, но одновременно с этим рельефно выявляет системные ограничения, присущие совмещенной эксплуатации, что подтверждает необходимость перехода к строительству выделенных магистралей для достижения истинно высокоскоростных стандартов.

Ключевые проблемы создания ВСМ в РФ

Реализация проектов высокоскоростных магистралей в России сталкивается с комплексом взаимосвязанных вызовов. Инженерно-географические барьеры включают не только масштабы территории, но и необходимость прокладки путей через зоны многолетней мерзлоты, сейсмически активные регионы и заболоченные местности, что требует принципиально новых подходов [2] к проектированию фундаментов и искусственных сооружений. Климатические нагрузки усугубляются экстремальными сезонными переходами, вызывающими циклическое промерзание-оттаивание грунта, что приводит к деформациям земляного полотна. Технологический разрыв проявляется в отсутствии отечественных разработок ключевых систем - от рельсовой инфраструктуры для скоростей свыше 350 км/ч до интегрированных систем управления движением. Экономические риски усиливаются неопределенностью пассажиропотока на протяженных маршрутах и ограниченностью инструментов долгосрочного проектного финансирования [3]. Институциональные проблемы включают межведомственную разобщенность, длительные процедуры согласований и недостаточную проработанность нормативной базы для объектов такого масштаба и технологической сложности [1].

Стратегические направления решений

Преодоление этих вызовов требует реализации скоординированной программы мер. Для инженерно-географических сложностей предлагается создание адаптивных проектных решений: применение термостабилизирующих систем на вечной мерзлоте, использование композитных материалов в путевой инфраструктуре и внедрение предиктивных систем мониторинга состояния конструкций [2]. Технологическая независимость будет достигнута через формирование специализированных инжиниринговых консорциумов с поэтапной локализацией производства критических компонентов, начиная с механических частей и заканчивая системами телеметрии. Экономическая модель должна сочетать различные механизмы финансирования: инфраструктурные облигации, средства суверенных фондов и прямые государственные инвестиции в создание опорной инфраструктуры. Ключевым элементом становится разработка отраслевых стандартов «ВСМ-класса», учитывающих специфику российских условий и устанавливающих единые требования ко всем элементам системы [1] - от рельсового полотна до подвижного состава и систем безопасности. Параллельно необходима интеграция магистралей в существующую транспортную сеть через создание мультимодальных хабов, обеспечивающих бесшовность пассажирских перевозок.

Реализация проектов ВСМ в России требует преодоления системных вызовов, связанных с уникальными географическими и климатическими условиями. Критически важным представляется создание адаптированных технических решений для вечной мерзлоты и сейсмически активных зон, параллельно с формированием сбалансированной экономической модели. Успех проекта зависит от скоординированного развития отечественных технологий, современной нормативной базы и эффективных механизмов государственно-частного партнерства, что в комплексе обеспечит создание конкурентоспособной транспортной системы.

Заключение

Создание высокоскоростных железнодорожных магистралей в России представляет собой не просто инфраструктурный проект, а стратегическую инициативу, способную трансформировать транспортную карту страны. Преодоление уникальных вызовов - от экстремальных климатических условий до технологических барьеров - требует реализации комплексной программы, сочетающей инновационные инженерные решения с продуманной экономической и регуляторной политикой. Успешная реализация проектов ВСМ позволит не только создать современную транспортную инфраструктуру, но и стимулировать развитие смежных отраслей промышленности, обеспечить новый качественный уровень мобильности населения и ускорить экономическую интеграцию регионов. Дальнейшее развитие высокоскоростного сообщения в России должно базироваться на принципах технологической самостоятельности, экономической эффективности и экологической устойчивости, что в перспективе обеспечит стране лидирующие позиции в области железнодорожных технологий XXI века.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 17 июня 2008 г. № 877-р. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/2/859>
- 2 Иванов А. В., Петров С. К. Инженерная геотехника в транспортном строительстве. М.: Изд-во АСВ, 2020. 456 с. ISBN 978-5-4323-0123-4.
- 3 Федеральный закон от 05.04.2013 г. № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624

УДК 624.21:625.1

ОЦЕНКА И УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ В ВЕЛИКОБРИТАНИИ

Б. Б. Бокиев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Железнодорожная система Великобритании, являющаяся живым свидетельством индустриальной эпохи, столкнулась с беспрецедентным вызовом. Фундаменты мостов, возведенные в викторианскую эпоху, сегодня подвергаются нагрузкам, многократно превышающим исходные проектные нормы. Усиление этих скрытых оснований осложнено возрастом конструкций, увеличением интенсивности и веса поездов, а также последствиями изменения климата, такими как размыв грунта и засухи. Это делает процессы их современной оценки и усиления критически важной и сложной инженерной задачей, стоящей перед национальной инфраструктурой. Целью данной работы является комплексный анализ современных подходов к оценке и усилению фундаментов существующих железнодорожных мостов в Великобритании. В рамках данной цели предстоит рассмотреть причины, обусловившие необходимость данных мероприятий, изучить передовые методы диагностики и усиления, а также выявить уникальные challenges (вызовы), связанные с историческим статусом многих объектов, необходимостью минимизации перерывов движения и строгими экологическими требованиями.

Основная часть.

Причины этой масштабной работы в модернизации носят многофакторный характер.

Во-первых, это беспрецедентный рост эксплуатационных нагрузок. Интенсификация графика движения, появление тяжелых грузовых составов с двухъярусными контейнерами и развитие высокоскоростных линий, таких как HS2, создают динамические и статические воздействия, в разы превышающие исходные проектные нормы XIX века.

Во-вторых, на первый план выходят последствия изменения климата. Участвовавшие экстремальные погодные явления приводят к катастрофическим наводнениям, которые вызывают размыв грунта (scour) - главного «невидимого врага» опор мостов. Воронки, образующиеся у их основания, способны в считанные часы подорвать устойчивость всей конструкции. Парадоксально, но засухи не менее опасны: усыхание глинистых грунтов приводит к их усадке и потере несущей способности. Наконец, сам материал времени берет свое. Постепенная деградация кладочного раствора, эрозия бетона и коррозия металлических элементов фундаментов требуют не просто ремонта, а комплексного переустройства.

Викторианское наследие британской железнодорожной сети, воплощенное в тысячах мостов, столкнулось с вызовами XXI века, что потребовало масштабных программ по их анализу и усилению. Ярким примером служит арочный виадук Ройал-Бордер в Бервике-апон-Твид (рис. 1), возведенный под руководством Роберта Стивенсона в 1850 году. Комплексное обследование его каменных опор в 2015 году выявило критический размыв грунта (scour), что потребовало срочного вмешательства - в 2021 году Network Rail завершила проект по укреплению русла реки Туид с помощью армированных бетонных плит для защиты исторического фундамента. Другой случай - железнодорожный мост через реку Уай в Чепстоу, построенный в 1852 году по проекту Изамбарда Кингдом Брюнеля. В конце 1990-х годов инженеры диагностировали усталость металла в его чугунных конструкциях и недостаточную несущую способность опор для современных нагрузок, что привело к масштабной реконструкции в 2006-2008 годах, когда оригинальные пролеты были заменены, а фундаменты усилены буронабивными сваями. Эти проекты иллюстрируют непрерывный процесс адаптации исторической инфраструктуры к современным требованиям.



Рис. 1. Королевский пограничный мост в Бервик-апон-Твид

Еще одним символическим примером адаптации викторианского наследия является знаменитый мост Форт-Бридж (рис. 2) в Шотландии, открытый в 1890 году. Этот грандиозный консольный мост, внесенный в список Всемирного наследия ЮНЕСКО, постоянно требует масштабных усилий по поддержанию его конструкций, включая фундаменты массивных опор, стоящих в водах залива Ферт-оф-Форт. Непрерывная борьба с коррозией от соленых морских брызг, мониторинг усталостных напряжений в металлических элементах и контроль состояния каменных оснований под гигантскими стальными опорами - все это часть многомиллионной программы по сохранению этого инженерного чуда, позволяющей ему и сегодня нести возросшие в разы железнодорожные нагрузки.



Рис. 2. Мост Форд-Бридж в Шотландии

Диагностика невидимого: как оценить скрытый под землей фундамент? Наиболее сложным этапом является точная оценка состояния фундамента, поскольку он часто скрыт под толщей воды и грунта [1]. Современные подходы Network Rail, компании-оператора инфраструктуры, включают многоуровневую систему обследований.

Начинается все с детального изучения архивных чертежей и исторических отчетов, если они сохранились. Далее следует визуальный осмотр надземной части: малейшие трещины, перекосы или неравномерная осадка опор могут служить индикаторами глубинных проблем.

Для получения прямых данных инженеры прибегают к интрузивным методам. Это рытье шурфов (trial pitting) для непосредственного осмотра тела фундамента, а также бурение скважин для отбора образцов грунта и определения его текущих физико-механических свойств.

Однако настоящий прорыв совершили геофизические и дистанционные технологии. Многолучевые эхолоты создают трехмерные карты речного дна, с хирургической точностью выявляя опасные зоны размыва [2]. Подводные роботы (ROV) проводят видеосъемку в мутной воде, а георадар (GPR) сканирует мелководье. Дополняет эту картину система постоянного мониторинга с помощью инклинометров и высокоточных тахеометров, фиксирующих малейшие смещения.

Арсенал современного инженера: инновационные методы усиления. После постановки точного «диагноза» наступает этап «лечения». Выбор метода усиления - это всегда компромисс между эффективностью, стоимостью и необходимостью минимизировать disruption - перерывы в движении поездов.

Усиление грунтового основания. В случаях, когда проблема в самом грунте, применяют инъекционные технологии. Струйная цементация (Jet Grouting) позволяет создавать под землей мощные колонны или целые массивы из упрочненного грунтобетона, эффективно останавливая размыв и увеличивая несущую способность основания.

Устройство новых свай. Это самый распространенный и надежный метод. Рядом с историческим фундаментом бурятся новые, более глубокие сваи, которые воспринимают нагрузку и передают ее на устойчивые слои грунта. Особенно популярны в стесненных условиях мини-сваи (micro-piles), которые обладают высокой несущей способностью при малом диаметре и устанавливаются с помощью компактной техники [3].

Пассивное усиление и защита. Для борьбы с размывом применяют укладку каменной наброски (rip-rap) определенной фракции или установку специальных фабричных тюфяков. Эти меры не усиливают сам фундамент напрямую, но защищают его от главной угрозы - эрозии водой.

Уникальные британские вызовы: от истории до экологии. Работы в Великобритании - это не просто инженерная задача. Это квест со множеством ограничений. Многие мосты имеют статус памятников архитектуры (Listed Buildings), и любые вмешательства должны быть одобрены Historic England, что требует применения визуально щадящих решений.

Железнодорожное движение - кровь экономики страны. Все работы проводятся в основном в ночные «окна», длительностью всего несколько часов, что требует безупречного планирования и использования скоростных технологий. Нельзя сбрасывать со счетов и экологический фактор: работы в реках требуют согласований для защиты популяции рыб, выдр и других водных обитателей.

Заключение

Таким образом, титаническая работа по оценке и усилению фундаментов британских железнодорожных мостов - это не просто техническое обслуживание. Это стратегическая инвестиция в будущее, гарантия того, что исторический каркас транспортной системы сможет выдержать вызовы XXI века. Это симбиоз опыта прошлого и инноваций настоящего, обеспечивающий безопасность и надежность одного из старейших в мире железнодорожных сообщений для многих будущих поколений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Васильев, А. И. Мониторинг технического состояния мостовых сооружений: учебное пособие / А. И. Васильев. Москва : Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2021. 120 с. EDN YNSWFT.
- 2 Квашнин, М. Я. Вибродиагностика подходной насыпи железнодорожного моста / М. Я. Квашнин, С. А. Косенко, И. С. Бондарь // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2017. № 2(41). С. 34-39. EDN ZCDHVV.
- 3 Белый, А. А. Пути повышения надежности эксплуатации железобетонных мостов для пропуска сверхнормативной нагрузки / А. А. Белый, С. Б. Андрушко // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2018. Т. 15, № 1. С. 17-29. EDN YVPQWF.

УДК 338.47

АНАЛИЗ ПРОЕКТА СЕВЕРО-СИБИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ МАГИСТРАЛИ

Е. А. Большакова, М. В. Пятаев

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. Транспорт является одной из самых важных инфраструктур, которая функционирует одновременно во всех сферах жизни общества. Особую роль он играет в экономике, поскольку влияет на торговые отношения как внутри страны, так и за ее пределами. Безусловно, значение транспорта не ограничивается оптимизацией торговых процессов – он также имеет огромную ценность для многих других областей. Одним из наиболее эффективных и экономически выгодных видов транспорта в России является железнодорожный. Именно на нем будет акцентироваться внимание в статье. Изучая историю железнодорожных развязок России, можно сделать вывод о том, что в каждом столетии разрабатывались проекты, дополняющие сеть и развивающие ее работоспособность. Одним из таких проектов был дублер Транссибирской железнодорожной магистрали – Северо-Сибирская (СевСиб).

Строительство Северо-Сибирской магистрали (СевСиб) – масштабный проект, призванный соединить железнодорожные сети Ханты-Мансийского автономного округа с Байкало-Амурской магистралью на протяжении около 2 тысяч километров. Несмотря на длительные экономические дискуссии, в марте 2024 года РАН признала проект целесообразным, что обуславливает необходимость его детального анализа.

Цель данной статьи: проанализировать проект Северо-сибирской железнодорожной магистрали и выявить необходимость и важность данного пути.

Идея строительства данной магистрали возникла во второй половине XIX века, под влиянием успехов железнодорожного строительства в европейской части России была осознана целесообразность строительства дорог в Сибири и на Дальнем Востоке [5: 1]. Первоначальная версия необходимости

проекта заключалась в том, что СевСиб будет использована для решения вспомогательных задач, далее уже направление изменилось [3: 275].

Отправной точкой проектирования магистрали стало Иркутское совещание в декабре 1906 года, на котором поднялся вопрос о путях сообщения в Сибири, ведь после строительства Транссибирской магистрали не раз задумывались об увеличении железнодорожной сети. В резолюции совещания отмечалось, что «развитие ныне существующей Сибирской железнодорожной магистрали, безусловно, необходимо и проведение второй колеи является делом неотложным; увеличение пропускной способности дороги и при том в возможно скором времени представляется настоятельною необходимостью, как в интересах общегосударственных, так и для развития экономической промышленной жизни Сибири» [7: 1]. Проект новой магистрали называли идеей второго Транссиба, поскольку планировалось его продолжить и расширить площадь использования железнодорожного пути.

Спустя время в 1913 году И.М. Некрасов, являющийся на тот момент Томским городским головой, представил министру путей сообщения записку, в которой предлагал соорудить сплошную Северную магистраль, поясняя тем, что «главным основанием для обхода Байкала с севера было соображение исключительно стратегического характера» [7: 2].

Основная цель была в том, что Северо-Сибирская магистраль должна проходить по территориям, характеризующимся практически отсутствием инфраструктуры и низкой плотностью населения. Начало – ответвление БАМа и продолжение – пересечение Красноярского края. Таким образом, решался еще и вопрос о развитии Сибири. Из истории известно, что строительство Транссибирской магистрали привело к хозяйственному развитию территорий этой части России и в дальнейшем к переселению народа [4: 473].

На рисунке показана схема расположения Северо-Сибирской железнодорожной магистрали. В проекте обозначены 3 участка дороги, которая будет соединять СевСиб: 1) восточный (Усть-Кут – Лесосибирск) протяженностью 932,5 км; 2) центральный (Лесосибирск – Белый Яр) – 474 км; 3) западного (Белый Яр – Нижневартовск) – 587 км.



Рис. Схема расположения Северо-Сибирской магистрали

Северо-Сибирская магистраль расширит транспортную сеть, путем соединения с Красноярской дорогой (Богучаны и Лесосибирск), формируя два важных узла. Проходя через Томскую область, она также свяжется с действующей «нефтяной» магистралью Тюмень – Сургут – Уренгой. Перспективы развития включают продление на запад, до Уральского региона.

Строительство СевСиба предполагало поэтапную реализацию. Как итог, было прописано 3 варианта развития строительства магистрали. Рассмотрим первый, называемый базовым, и наиболее перспективный по мнению исследователей. Восточный участок будет построен первым, его приоритет обусловлен федеральной целевой программой по развитию Нижнего Приангарья, после чего, с пятилетней задержкой, начнется строительство западного участка продолжительностью шесть лет. Центральный участок будет строиться в течение 5 лет, начиная через 3 года после старта западного участка. Общее время, необходимое для завершения всей магистрали, предполагается 13 лет [6: 3].

Подводя итоги, можно сделать вывод о том, что строительство Северо-Сибирской магистрали в перспективах расширит и улучшит логистическую систему, поскольку сможет разгрузить Транссиб, обеспечит дополнительные транспортные коридоры, неподконтрольный выход в Мировой океан через порты Северного Ледовитого океана, что является важнейшим условием для свободных торговых связей со странами мира. Также выявлена роль Северо-Сибирской железнодорожной магистрали в обеспечении национальной безопасности была подчеркнута соответствующим ведомством в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года, разработанная по указанию В.В.Путина: «необходимо в кратчайшие сроки предусмотреть строительство Северо-Сибирской магистрали...» [1: 48].

На данный момент проектирование и строительство магистрали так и не были начаты, виной тому могут послужить обстоятельства, связанные с экономическими и политическими ситуациями, происходящими в Российской Федерации. Тем не менее необходимость расширения Транссиба все же имеется, но в стратегии 2030 внесли изменения и даже понизили статус – технологическая дорога для развития Прибайкалья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гончаренко С. С. Севсиб и БАМ – основа формирования новой транспортной логистики в обеспечении национальной безопасности России // В центре экономики. 2024. № 5 (2). С. 43-54. URL: <https://vcce.ru/index.php/vcec/article/view/106>
- 2 Прокопьева Т. А., Гончаренко С. С. Строительство Северо-Сибирской магистрали – один из главных приоритетов развития транспортной системы Сибири и экономики России в целом // В центре экономики. № 1 (3), 5-31. URL: <https://vcce.ru/index.php/vcec/article/view/17>
- 3 Пятаев М. В. Северо-Сибирская железнодорожная магистраль: историко-экономический анализ перспектив реализации мегапроекта // Логистика - Евразийский мост : материалы XX Международной научно-практической конференции, Красноярск, 28–31 мая 2025 года. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2025. С. 273-277. EDN ADTIEV.
- 4 Пятаев М. В. Крупномасштабные транспортные проекты и экономический рост регионов // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2022. Т. 7, № 4(26). С. 472-480. DOI 10.21603/2500-3372-2022-7-4-472-480. EDN OXTREN.
- 5 Суслов В. И. Северо-Сибирская магистраль в экономической и транспортной стратегии России: история, современность, перспектива // Промышленная политика в Российской Федерации. 2008. № 12. С. 22-39.
- 6 Ткаченко В. Я. Предпроектные исследования строительства Северосибирской магистрали // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2010.
- 7 Царев В. И., Васильева Н. О., Царев В. В. Северо-Сибирская железнодорожная магистраль: истоки зарождения идеи // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2024. № 1. С. 165–176. DOI: 10.36718/2500-1825-2024-1-165–176.

УДК 656.22:37

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ В РОССИИ С ПЕТРОВСКИХ ВРЕМЕН ДО НАШИХ ДНЕЙ

М. В. Бостриков, Т. Р. Кадыров

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Развитие человечества очень долгий период шло неразрывно с путешествием по свету, возведение различных инженерных сооружений начиная с древности. Тысячелетиями люди старались точно определить свои координаты в мореплавании при исследовании новых земель. Все началось достаточно давно, появлялись новые науки, одна из которых имела название геодезия. Одна из древнейших наук позволившая людям создавать невероятные сооружения, которые стоят до сих пор. Но помимо людей нужны не только рабочие руки, но и какие-то инструменты для этих самых работ (измерений) так для этой науки стали появляться примитивные инструменты посредством которых началось развитие приборостроения в России. На данный момент отечественные геодезические приборы не отвечает мировым требованиям новейшего приборостроения в этой области. И в большинстве геодезисты в нашей стране выбирают зарубежные инструменты ввиду их понятного интерфейса и простоты работы с ними.

Историческая справка.

Появление и эволюция угломерных инструментов (XVIII–XIX века). Период Петровских изысканий Империи, дал начало к появлению первых приборов (астролябии, буссоли), но они имели ряд недостатков, а именно были неточными из-за примитивности технологий. Но в то время особой конкуренции с западными приборами не было ввиду аналогичной примитивности приборов и там.

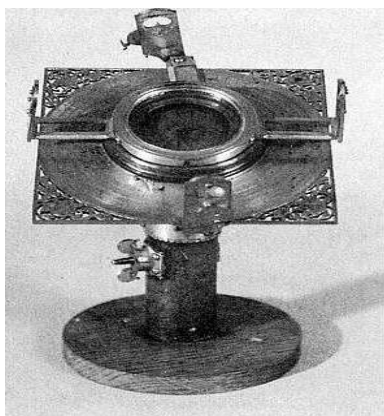


Рис. 1. Буссоль



Рис. 2. Тахеометр 6ТаЗ

В XIX веке на смену им пришел более совершенный прибор: теодолит. Первая половина 20-го века: Перед великой отечественной войной были разработаны множество приборов, отвечающих не только советским требованиям а и мировым и экспортировались в страны Европы.

В послевоенный период СССР начала активно нарабатывать эту область на основе трофейных немецких приборов, которые славились не только своей надежностью и простотой, но и прекраснейшей оптикой. Много приборов сделаны на основе немецких теодолитов Theo различных модификаций при сотрудничестве с Carl Zeiss.

К концу СССР, отставание в технологиях стало заметным шагом. Ввиду появления на западе уже более компактных приборов, дававших более точные данные при работе с ними. Появление первых оптических, а затем и электронных тахеометров (например, ТАЗМ «Агат»). Первые модели были очень громоздкими и несовершенными, в масштабах страны это были еще более-менее рабочие приборы, но в масштабах мировой практики были довольно примитивными и не надежными.

Современная эпоха: К началу 2000-х появились более конкурентоспособные тахеометры (ЗТа5Р), которые пользовались спросом, но имели ряд конструктивных недостатков, не давшим им выйти на полную замену иностранных приборов. Автономность, удобство и эффективность.

На данный момент вершиной эволюции линейки Уральского завода (УОМЗ) является тахеометр 6ТаЗ – полностью соответствующий современным требованиям: удобный, функциональный и быстрый. Относительно неплохой прибор вышедший с этого завода. Но опять же почему-то не сыскавший любовь отечественный геодезистов ввиду факторов, которые и свойственна всем нашим приборам.

Основная часть.

Для устранения отставаний и возвращений в прежний темп, можно привести примеры по улучшению в разных областях с помощью отечественных наработок в данной области: У основного производителя УОМЗ есть достаточных опыт в разработке приборов начавшийся еще с 20-го века. А к электронным приборам уральский завод перешел не так уж и давно в конце 80-х. Ввиду проблем из-за которых наши приборы не могут конкурировать можно выделить следующие тезисы и методы их решения:

Во-первых, главная проблема, в наших приборах это софт. А именно проблемная работа с файлами съемки, которые удобны в конкретных форматах. Чтение которых неудобно нашим тахеометрам ввиду отсутствия нужных форматов чтения. Необходимость создания и добавления аналогичного софта созданным нашими специалистами для чтение этих форматов. Это упростит задачу по передаче и обработки данных зарубежным геодезическим ПО которое в большинстве случаев используется при работе.

Во-вторых, автономность. Большая проблема наших приборов, это время работы в «поле» на полноценный рабочий день емкости их акб явно не хватает. Решение данной проблемы я вижу следующим образом создание более емких литий-ионных или иных видов аккумуляторов. Для зимних версий приборов, которые могут использоваться при температуре окружающей среды -20 градусов использовать комплекты из более термостойких материалов для наименьшего разряда ввиду холодных условий.

В-третьих, стоимость. Один из ключевых факторов при выборе прибора его пользователем. Если сравнить стоимость отечественных приборов и аналогов от зарубежных производителей, их ценовое предложение примерно схожи, а функционал отечественных отстает за эту цену. По аналогичной цене либо ниже можно заполучить прибор с лучшими характеристиками чем отечественный. И как бы это не звучало банально, но уменьшение стоимости будет одним из решающих факторов выбора отечественного прибора нежели зарубежного если учесть оба предыдущих тезиса.

Заключение.

Внедрение новых наработок в отечественное геодезическое приборостроение – важное и необходимое решение для улучшения в целом всей работы геодезического производства работ. В работе затрагивались ключевые проблемы сегодняшних дней: технологическое отставание. Это тот фактор, который главным образом на отечественные инструменты и технологии в этой отрасли. Были рассмотрены положительные стороны внедрения новых технологий в отечественные приборы, методы решения технологического отставания, а также, повышения конкурентоспособности с мировыми аналогами. Но данная работа является поверхностной, отчего невозможно точно определить, какие именно действия поспособствуют положительному решению с поставленной задачей. Но используя вышеперечисленные предложения помогут для дальнейшего рассмотрения и решения проблем, связанных с отставанием внедрения новых технологий в сфере приборостроения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гольденберг, Л. А. Петровские геодезисты и первый печатный план Москвы / Л. А. Гольденберг, А. В. Постников. Москва : Недра, 1990. 160 с URL: <https://www.geokniga.org/books/28444> (дата обращения: 02.11.2025).
- 2 Гусев, Н. А. Маркшейдерско-геодезические инструменты и приборы / Н. А. Гусев. 2-е изд. Москва : Недра, 1958. 316 с. (дата обращения: 02.11.2025).
- 3 Геодезия, Тахеометры. Текст : электронный // уомз.рф : [сайт]. URL: <https://www.xn--g1ajft.xn--p1ai/ru/production/geodeziya/taheometry> (дата обращения: 02.11.2025).

УДК 625.142.44

ЗАВИСИМОСТЬ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ ОТ ПОВЫШЕНИЯ ОСЕВЫХ НАГРУЗОК

С. А. Гнездилов

Акционерное общество «БетЭлТранс» (АО «БЭТ») г. Москва

Введение. В настоящее время на железнодорожном транспорте стоит задача увеличения провозной способности основных грузонапряженных линий. Наиболее эффективными способами решения данной задачи является повышение осевой нагрузки грузовых вагонов и увеличение ресурса пути для сокращения «окон» на его обслуживание.

На особо грузонапряженных линиях осевая нагрузка увеличена до 25 т на ось и поставлена задача обеспечить ресурс железнодорожного пути до 2,5 млрд. т брутто.

Силовое воздействие подвижного состава на шпалы, как по величине, так и по частоте повторения, зависит от многих факторов, главными из которых являются осевые нагрузки, в первую очередь, грузовых вагонов, грузонапряженности линии, конструкции и состояния верхнего строения пути (тип рельса, эпюра укладки шпал, род балласта и др.) и подвижного состава.

Очевидно, что повышение осевых нагрузок подвижного состава увеличит вертикальные динамические силы, передаваемые на рельсы и, соответственно, на шпалы. Применительно к железобетонным шпалам повышение нагрузок должно отразиться в первую очередь на увеличении изгибных напряжений в подрельсовой части шпал и выразиться в росте числа шпал с повреждениями в этой их части. Актуальной задачей является определение коэффициента запаса прочности железобетонных шпал, который в определенной степени характеризует их долговечность и вносит значительный вклад в определении ресурса железнодорожного пути в целом.

Основной объем эксплуатируемых в настоящее время железобетонных шпал были спроектированы для осевой нагрузки 23 т на ось, поэтому актуальной задачей является подтверждение возможности обращения вагонов с осевой нагрузкой 25 т на ось.

Метод решения поставленной задачи. Методика расчета величины вертикальных нагрузок, действующих на элементы верхнего строения пути, в том числе и на железобетонные шпалы, детально разработанная на основании исследований ВНИИЖТ и других научных институтов, представлена в виде Методики оценки воздействия подвижного состава на путь по условиям обеспечения надежности. Утверждена Распоряжением ОАО «РЖД» №2706/р от 22.12.2017 (далее Методика), [1]

В методике принято, что действующая на рельс и, соответственно, на шпалу нагрузка определяется как статистическая величина, подчиняющаяся закону нормального распределения, по формуле

$$P_{ш} = P_{ш}^{cp} + \lambda S_{ш}, \quad (1),$$

где $P_{ш}^{cp}$ – среднее значение вертикальной нагрузки на шпалу,
 $S_{ш}$ – среднее квадратическое отклонение этой нагрузки вследствие переменного характера сил,
 λ – нормирующий множитель, определяющий вероятность не превышения вертикальной нагрузкой $P_{ш}$ того или иного уровня.

Анализ расчетных формул в методике показывает, что и величина $P_{ш}^{cp}$ и величина $S_{ш}$ имеют прямо пропорциональную зависимость от статической нагрузки колеса на рельс, т.е. от величины осевой нагрузки.

Для оценки ожидаемых нагрузок на шпалы при увеличенных осевых нагрузках подвижного состава были определены по действующей Методике значения $P_{ш}$ на железобетонные шпалы от 4-х осных грузовых полувагонов на тележках ЦНИИ-ХЗ, являющихся наиболее тяжелым и массовым видом грузового подвижного состава, при осевой нагрузке 23 тонны на ось и скорости движения 100 км/ч.

При этом были приняты следующие расчетные условия: рельсы типа Р65, эпюра укладки шпал – 1840 шт./км, рельсовое скрепление типа КБ, модуль упругости подрельсового основания $U = 1500$ кгс/см².

В результате расчетов были получены значения $P_{ш}^{расч}$ при осевой нагрузке 23 т. После этого, используя прямо пропорциональность, были определены значения $P_{ш}^{расч}$ при повышенных осевых нагрузках 25 и 27 т.

Анализ полученных результатов. В таблице 1 даны ожидаемые максимальные значения нагрузок шпалы со степенью вероятности повторения, оцениваемой величиной нормирующего множителя λ .

Обычно в расчетах пути по указанной Методике за величину максимальной нагрузки $P_{ш}$ принимают значение

$$P_{ш} = P_{ш}^{cp} + 2,5S_{ш},$$

что соответствует вероятности повторения этой величины не более 0,6 % во всей совокупности возможных нагрузок.

В настоящих расчетах за величину максимальной нагрузки принято

$$P_{ш}^{max} = P_{ш}^{cp} + 3,5S_{ш},$$

что соответствует вероятности повторения не более 0,062 % во всей совокупности возможных нагрузок, т.е. практически полностью исключает возможность его превышения.

Способы определения вертикальных сил на шпалы, принятые в «Методике», остаются справедливыми и при повышении осевых нагрузок подвижного состава и значения этих сил, указаны в таблицы 1, могут быть использованы при исследовании повреждаемости шпал.

Методика расчета железобетонных шпал в пути под действием вертикальных нагрузок, детально изложена в работе «Железобетонные шпалы для рельсового пути» под редакцией А.Ф. Золотарского [2]. Она получила проверку опытом проектирования и многочисленными стендовыми и путевыми испытаниями железобетонных шпал.

Таблица 1

Вертикальные нагрузки на шпалу и изгибающие моменты в подрельсовом и среднем сечениях шпалы при разном уровне осевых нагрузок подвижного состава

Осевая нагрузка, тс	Нагрузка на шпалу, $P_{ш}$ тс	Изгибающий момент от $P_{ш}$, M_p , тс м	Изгибающий момент принятый при разработке типовых шпалы, $M_p^{расч}$, тс м	Коэффициент запаса, $M_p^{расч} / M_p$	Изгибающий момент от $P_{ш}$, M_c , тс м	Изгибающий момент принятый при разработке типовых шпалы, $M_c^{расч}$, тс м	Коэффициент запаса, $M_c^{расч} / M_c$
		в подрельсовом сечении шпалы			в среднем сечении шпалы		
23	10,14	1,11	1,41	1,3	0,81	1,16	1,43
25	11,3	1,24	1,41	1,14	0,88	1,16	1,32
27	11,91	1,31	1,41	1,1	0,95	1,16	1,22

При этом было установлено, что между величиной изгибающего момента, возникающего в подрельсовом (M_p) или среднем сечении (M_c) шпалы, и величиной вертикальной нагрузки на шпалу ($P_{ш}$) имеется прямая линейная зависимость, определяемая формулами

$$M_p = m_p P_{ш} \quad (2)$$

$$M_c = m_c P_{ш}, \quad (3)$$

где m_p и m_c – удельные значения изгибающего момента соответственно в подрельсовом или среднем сечении при $P_{ш} = 1$, зависящие от конструкции шпалы.

Отмечено также, что значение m_p для большинства шпал стабильно и изменяется в ограниченных пределах, а величина m_c во многом зависит от распределения балластного основания под шпалой.

На основании обобщения результатов многочисленных расчетов, лабораторных и полигонных испытаний шпал для расчетов могут быть приняты следующие значения:

$$m_p = 0,11;$$

$$m_c = 0,08.$$

Зависимости между вертикальными нагрузками на шпалы и возникающими в шпалах изгибающими моментами не изменятся при увеличении осевых нагрузок, и эти зависимости были использованы в дальнейших расчетах.

Нагрузки, действующие в пути на шпалы, являются циклическими, многократно повторяющимися, поэтому критерием надежной работы шпал является их выносливость.

Расчетными предельными состояниями, определяющими выносливость железобетонных шпал в пути под действием поездных нагрузок, являются:

- образование поперечных трещин,
- полное разрушение (излом) шпалы.

Были рассмотрены оба случая предельного состояния, но опыт эксплуатации показал практически полное отсутствие случаев излома шпал в подрельсовой части под поездной нагрузкой.

Случае излома имели место в средней части шпал, но, как показал анализ, они были следствием нарушения нормального опирания шпал: либо опирания только серединой при отрясанных концах, либо полным отсутствием опирания середины на длине более 0,6 м. Эти случаи являлись нарушением действующей Инструкции по ведению шпального хозяйства с железобетонными шпалами. № 380р. [3] и не имеют отношение к вопросу о влиянии повышенных осевых нагрузок на работу шпал.

Как правило, выход шпал из строя в пути происходит от появления и более или менее быстрого развития поперечных трещин. Поэтому за основной показатель предельного состояния при оценки выносливости железобетонных шпал принималась их трещиностойкость при нормальных условиях опирания на балласт.

При повышенных значениях $P_{ш}$ для действующих и повышенных осевых нагрузок подвижного состава по формулам (2) и (3) были определены значения изгибающих моментов M_p и M_c , представленные в таблице 1.

В расчете были взяты вертикальные нагрузки $P_{ш}^{срвзв}$, средневзвешенные, наиболее вероятные и часто встречающиеся, и $P_{ш}^{max}$ – наибольшие, но с очень малой вероятностью.

В таблице 1 даны расчетные значения изгибающих моментов $M_p^{расч}$ и $M_c^{расч}$, принятые при проектировании стандартных типов шпал Ш1 и Ш3, широко применяемых на дорогах России ряда лет. Расчетные значения моментов были определены по действующим «Строительным нормам и правилам. Бетонные и железобетонные конструкции. СНИП 2.03.01-84» [4].

Даны также соотношения между ожидаемыми эксплуатационными и расчетными значениями моментов, оцениваемыми коэффициентами запаса

$$K = \frac{M_{эксп}}{M_{расч}} \quad (4).$$

Для коэффициента K достаточным условием трещиностойкости следует считать $K > 1,3$, как это принимается в расчетах железобетонных конструкций по СНИП 2.03.01-84 и подтверждается имеющимся опытом эксплуатации железобетонных шпал.

Из таблицы 1 видно, что при осевой нагрузке 27 тс коэффициент $K < 1,3$, что является не достаточным условием трещиностойкости шпалы по изгибающему моменту в подрельсовом сечении принятый при проектировании стандартных типов шпал Ш1 и Ш3.

В таблице 2 представлены значения расчетных изгибающих моментов в подрельсовом и среднем сечениях шпалы необходимые для обеспечения повышенных осевых нагрузок.

Изгибающие моменты в подрельсовом и среднем сечениях шпалы при разном уровне осевых нагрузок подвижного состава

Осевая нагрузка, тс	Изгибающий момент от $P_{ш}$, M_p , тс м	Расчетный изгибающий момент, $M_p^{расч}$, тс м	Коэффициент запаса, $M_p^{расч} / M_p$	Изгибающий момент от $P_{ш}$, M_c , тс м	Расчетный изгибающий момент, $M_c^{расч}$, тс м	Коэффициент запаса, $M_c^{расч} / M_c$
	в подрельсовом сечении шпалы			в среднем сечении шпалы		
23	1,11	1,41	1,3	0,81	1,16	1,43
25	1,24	1,65	1,33	0,88	1,23	1,39
27	1,31	1,82	1,38	0,95	1,32	1,38

Для повышенной осевой нагрузке 27 тс требуется заложить в расчет подрельсового сечения изгибающей момент не менее 1,8 тс м.

Выводы и практические рекомендации

1. Повышение динамических нагрузок на железобетонные шпалы прямо пропорционально увеличивает величину изгибающих моментов, возникающих в подрельсовых и среднем сечениях шпал и влияющих на их трещиностойкость.

2. Железобетонные шпалы подтипов ШЗ-Д 44х3, ШС-АРС 44х3 и Ш5-ДФ 44-3, изготовленные с соблюдением требований ГОСТ 33320, применяемые с рельсами типа Р65 при эпюре укладки не менее 1840 шт./км и жесткости подрельсового основания не выше 2000 кг/см², укладываемые и эксплуатируемые с выполнением требований Инструкции по ведению шпального хозяйства с железобетонными шпалами [3] в части подготовки подшпального основания, сохраняют достаточную трещиностойкость при повышенных осевых нагрузках грузовых вагонов до 25 т.

Это подтверждено многолетним опытом применения таких шпал на Экспериментальном кольце ВНИИЖТ.

3. Критерием оценки возможности применения шпал при повышенных осевых нагрузках следует считать шпалы с коэффициентом запаса ($K > 1,3$).

4. При повышенных осевых нагрузках вагонов до 27 тс необходимо применение железобетонных шпал с увеличенной на 20 % трещиностойкостью подрельсовой части, а для уже уложенных шпал – принятие мер по снижению действующих на них нагрузок путем увеличения числа шпал на км.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Методика оценки воздействия подвижного состава на путь по условиям обеспечения надежности (утверждена Распоряжением ОАО «РЖД» №2706/р от 22.12.2017).
- 2 Золотарский А. Ф. «Железобетонные шпалы для рельсового пути» под редакцией. М Транспорт. 1980. 270 с.
- 3 Инструкция по ведению шпального хозяйства с железобетонными шпалами. Утверждена распоряжением от 12.02.2014 г. № 380 р.
- 4 Строительные нормы и правила. Бетонные и железобетонные конструкции. СНиП 2.03.01-84.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ВИНКЛЕРА

Д. В. Грекова, П. А. Кабанов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Проблема корректного описания работы основания под фундаментом и другими инженерными конструкциями остается одной из центральных в строительной механике. Среди множества расчетных моделей, модель Винклера, благодаря своей простоте наглядности, сохраняет особую популярность [1]. Ее применение основано на ряде особенностей, которые требуют глубокого понимания для получения достоверных данных. В статье исследуется эта особенность, анализируется гипотеза Винклера, и определяется насколько она пригодна для моделирования.

Модель Фусса-Винклера – достаточно популярная и простая модель для расчета конструкций на упругом основании. Данный метод имеет ряд специфических черт. Эти особенности затрагивают теоретическую часть метода, саму методику вычисления и ее практическую реализацию.

Особенности модели Фусса-Винклера. С физической точки зрения, модель Винклера представляет грунт как массив несвязанных между собой упругих элементов, работающих на сжатие и покоящихся на абсолютно жестком основании. Это упрощение существенно снижает сложность расчетов [2].

Основной расчетный параметр модели – это коэффициент постели, который является экспериментальной величиной. Его значение устанавливается на основе испытаний, учитывая специфику местных инженерно-геологических условий. Для ориентировочной оценки, проектировщики используют справочные данные, где данный коэффициент представляется в виде интервала значений, которые характерны для различных типов грунтов. После снятия нагрузки грунт распрямляется полностью.

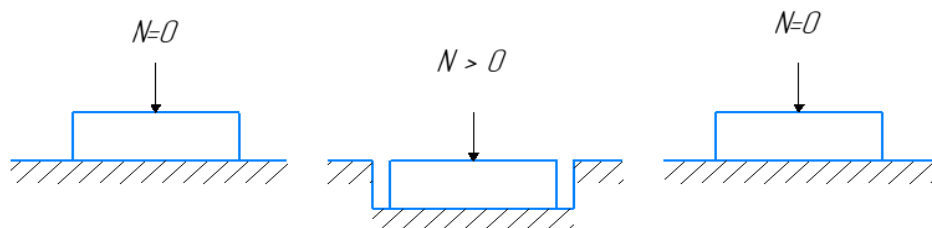


Рис. 1. Графическое представление Фусса-Винклера

Рассмотрев особенности модели Фусса-Винклера, важно подчеркнуть, что предположение о полном восстановлении формы после снятия нагрузок является математической идеализацией. В Реальности же грунт демонстрирует остаточные деформации, что выходит за рамки классической модели Винклера. Для полного понимания ограниченности модели Винклера сопоставим ее с более сложной моделью – моделью упругого полупространства, сравнение представлено в таблице 1.

Это сравнение наглядно показывает, что модель Фусса-Винклера дает не полную картину, так как для абсолютно жестких фундаментов, данная модель показывает равномерную осадку, в то время как в реальности под таким фундаментом грунт проседает неравномерно [3].

Однако ограничения классической модели успешно преодолевается за счет ее комбинирования с другими моделями. Одним из примеров является применение модели Винклера совместно с моделью сплошной среды, что например, позволяет объединить вычислительную эффективность первой модели с физической достоверностью второй.

Сравнительный расчеты показывают, что упрощение модели с основанием Винклера дает значительные критические давления, хорошо согласуется с результатами полномасштабного моделирования. Разброс критических нагрузок для различных толщ заполнителя не превышал 1 %, что свидетельствует о достаточной точности данного метода в рамках поставленных задач [4].

Сравнение модели Винклера с моделью упругого полупространства

Критерии	Модель Винклера	Модель упругого полупространства
Распределение осадок	Осадка происходит только в зоне приложения нагрузки	Осадка распространяется за пределы фундамента, формируя чашу осадок
Взаимодействие точек	Отсутствует каждая точка деформируется независимо	Наличие сдвигов связи. Напряжение передаются между связанными точками.
Распределения контактных давлений под жестким фундаментом	Равномерно	Неравномерное
Вычислительная сложность	Низкая	Высокая
Область оптимального применения	Узкие балки, плиты, предварительный анализ	Массивные фундаменты

Однако были выявлены принципиальные особенности и ограничения модели Винклера.

1. Влияние на форму потери устойчивости. Модель сплошной среды фиксирует, с увеличением толщины и жесткости заполнителя форма потери устойчивости оболочки. Модель Винклера в силу своего локального характера, предсказывает потерю устойчивости. Это указывает, что модель Винклера может не всегда точно улавливает сложные формы, это связано с пространственным распределением напряжений.
2. Зависимость от градиента давлений. Точность модели Винклера снижает в условиях резкого изменения контактного давления вдоль поверхности. При локальных воздействиях или в зоне концентрации напряжений ее применении дает завышенную погрешности.
3. Вычислительная эффективность. Наиболее ярким преимуществом модели является ее экономичность. Время расчета по упрощенной схеме расчета значительно снижает затрату времени. Это делает модель Винклера значимой для стадии предварительного проектирования и параметрических исследований [5].

Заключение. Проведенный анализ позволяет сформулировать следующие выводы относительно модели Винклера, для моделирования грунтового основания.

1. Простота и вычислительная эффективность модели делает ее не заменимой для предварительного проектирования и для расчета гибких конструкций.
2. Главные ограничения модели – отсутствие учета сплошности грунтовой среды, что приводит к нереалистичному распределению осадок и контактного давления под жестким фундаментом, а так же невозможность учесть взаимное влияние других фундаментных конструкций [6].
3. Модель Винклера не применима для точного расчёта общих осадок зданий и сооружений, где требуется учесть работы грунтового массива как единого целого. В этих случаях необходимо использовать более сложные модели или модифицировать модель Фусса-Винклера, с использованием, например модели теории сплошных оболочек.

Таким образом, при применение модели Винклера, должно учитываться ее внутренние ограничения и использоваться только в той области, где ее гипотезы соответствуют решаемой задаче.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цытович Н. А. Механика грунтов: учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1983. 288 с.
2. Власов В. З., Леонтьев Н. Н. Балки, плиты и оболочки на упругом основании. М.: Физматгиз, 1960. 491 с.
3. Юрьев А. Г., Рубанов В. Г., Горшков А. С. Расчет многослойных плит на упругом основании // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2007. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-mnogosloynnyh-plit-na-uprugom-osnovanii>
4. Баженов В. Г., Нагорных Е. В., Самсонова Д. А. Исследование применимости модели основания винклера для описания контактного взаимодействия упругопластических оболочек с заполнителем при внешнем давлении // Вестник ПНИПУ. Механика. 2020. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-primenimosti-modeli-osnovaniya-vinklera-dlya-opisaniya-kontaktogo-vzaimodeystviya-uprugoplasticheskikh-obolochek-s>
5. Субботин А. И. Автоматизация экспериментальных исследований работы оснований и фундаментов // МНИЖ. 2018. №1-1 (67). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-eksperimentalnyh-issledovaniy-raboty-osnovaniy-i-fundamentov>
6. Прудько Е. И. Сравнительный анализ математических моделей основания фундаментных плит // Вісник ПДАБА. 2012. №7-8 (172-173). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-matematicheskikh-modeli-osnovaniya-fundamentnyh-plit>

ИССЛЕДОВАНИЕ БОКОВЫХ И РАМНЫХ СИЛ ПРИ ДВИЖЕНИИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА ПО НЕИСПРАВНОСТЯМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ В ПЛАНЕ

Д. В. Грекова, Е. С. Трегубова, А. С. Нечушкин

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Железнодорожный путь представляет собой комплексный инженерный объект, постоянно подвергающийся значительным динамическим нагрузкам. Его геометрическое положение в плане не статично из-за нагрузок, возникающих от подвижного состава и сезонных деформаций. положение в плане изменяется во времени по причине возникающих нагрузок подвижного состава и температурных напряжений.

Основными силами, определяющие напряженно-деформированное состояние пути, являются:

1. Вертикальные и боковые силы.
2. Диссипативные силы в балластном слое.
3. Температурные воздействия.

Воздействие подвижного состава на железнодорожный путь приводит к постепенному увеличению отклонений от проектной геометрии пути.

Любое отклонение рельсовой нити классифицируется как отступление или неисправность. При отступлении I и II степени допустимая скорость движения не ограничивается, а обнаруженные отклонения устраняются в плановом порядке. При отступлении III степени неисправность устраняют в течении 3 суток. IV степень – это неисправность при которой вводится ограничение скорости или полностью закрывается движение, а устранение производится в неотложном порядке [1].

Одним из ключевых отступлений, напрямую влияющих на плавность хода и безопасность, является нарушение положения рельсовой нити в плане.

Рихтовка пути – это комплекс технологических мероприятий по выправки положения рельсовых нитей в плане, для предания пути плавной и проектной геометрии. Необходимость выполнения рихтовки железнодорожного пути определяется по результатам комплексной диагностики. Комплексная диагностика осуществляется как с помощью средств локального контроля, так и средствами сплошного контроля (см. рис. 1).

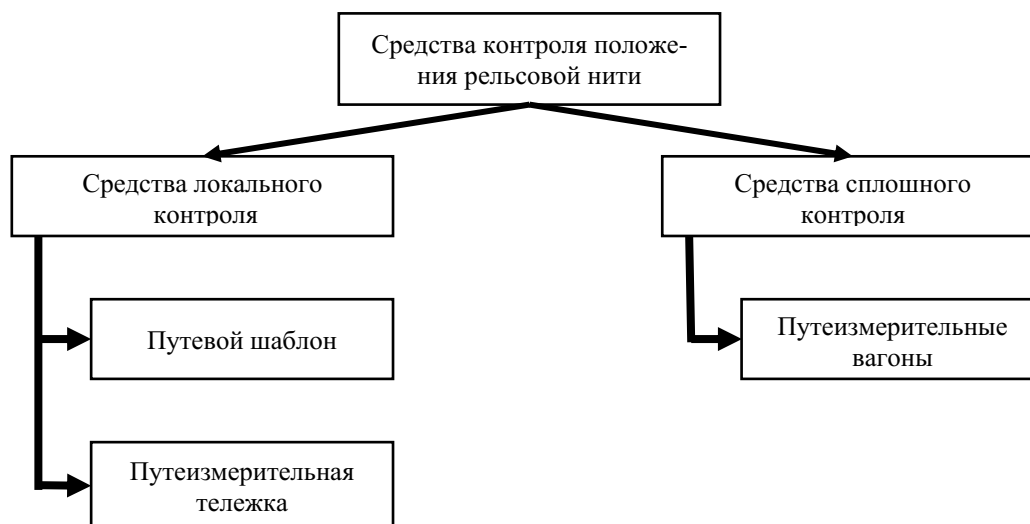


Рис. 1. Средства контроля положения рельсовой нити

Цель исследования

Целью работы является изучение влияния отступление пути в плане на динамические параметры взаимодействия «Колесо-рельс», возникающие от действия грузового вагона. Для математического моделирования и определения данных параметров, был выбран программный комплекс «Универсальный Механизм» [2].

В качестве объекта моделирования использовался прямой участок пути, на котором были смоделированы отступления в плане по рельсовой нити амплитудой 10, 30, 50, 65 и длиной 40 м. Диапазон скоростей движения: моделирование проводилось на скоростях от 15 до 100 км/ч с шагом 5 км/ч. Это позволило проанализировать, как изменение скорости влияют на динамические процессы. Расчеты велись в алгоритме FastSimA основанный на теории крипа Калкера. Данный алгоритм решает систему дифференциальных уравнений, деля пятно контакта на равные полосы. А полосы делятся на элементы равные по размеру в пределах одной полосы [2].

В работе были выбраны и оценены 2 ключевых параметра, которые сравнили с требованиями ГОСТ 34759-2021 [3]:

Таблица 1

Предельно допустимые значения воздействия железнодорожного подвижного состава на железнодорожный путь

№	Наименование параметра	Предельно допустимые значения
1.	Отношение рамной силы к статической осевой нагрузке при движении в прямых	не более 0.4
2.	Боковая сила	не более 100 кН

Результаты исследования

В ходе расчетов был получен массив данных. Для их анализа были построены графики и тепловые карты. (см. рис. 2 и 3)

Скорость, км/ч	Величина отступления, мм				Предел Нр/Рст
	10	30	50	65	
15	0.06	0.08	0.1	0.14	0.4
20	0.03	0.09	0.11	0.15	0.4
25	0.03	0.08	0.11	0.16	0.4
30	0.03	0.1	0.1	0.17	0.4
35	0.03	0.09	0.1	0.17	0.4
40	0.03	0.08	0.12	0.16	0.4
45	0.03	0.09	0.11	0.17	0.4
50	0.03	0.08	0.11	0.17	0.4
55	0.04	0.09	0.11	0.19	0.4
60	0.04	0.09	0.11	0.18	0.4
65	0.04	0.09	0.12	0.18	0.4
70	0.04	0.09	0.11	0.17	0.4
75	0.04	0.09	0.11	0.19	0.4
80	0.05	0.09	0.11	0.17	0.4
85	0.06	0.1	0.12	0.18	0.4
90	0.05	0.1	0.12	0.19	0.4
95	0.06	0.09	0.12	0.18	0.4
100	0.07	0.1	0.12	0.19	0.4

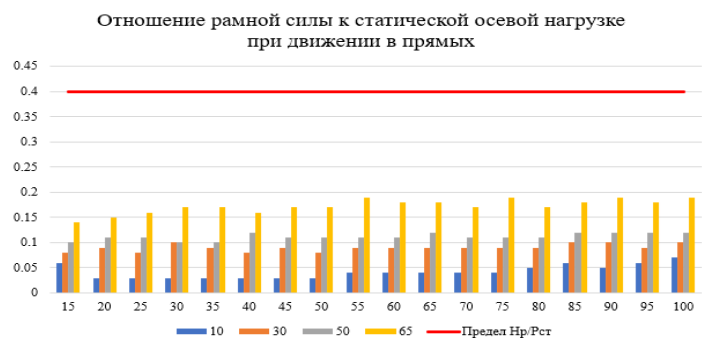


Рис. 2. Тепловая карта и график «Отношение рамной силы к статической осевой нагрузке при движении в прямых»

Скорость, км/ч	Величина отступления, мм				Предел
	10	30	50	65	
15	18	39	60	79	100
20	21	39	60	79	100
25	24	40	60	80	100
30	26	39	60	79	100
35	25	40	62	81	100
40	28	39	62	81	100
45	32	40	61	82	100
50	34	41	63	81	100
55	30	41	64	83	100
60	28	41	64	83	100
65	29	41	64	83	100
70	30	41	64	84	100
75	31	41	64	85	100
80	32	41	65	85	100
85	26	41	66	85	100
90	28	42	66	85	100
95	31	42	66	86	100
100	32	42	67	87	100

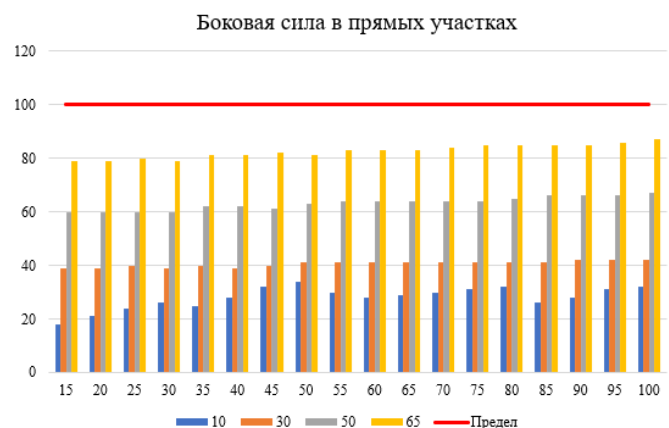


Рис. 3. Тепловая карта и график «Боковые силы в прямых участках»

По полученным результатам математического моделирования в ПК «Универсальный механизм» можно сделать ряд выводов:

1. На тепловых картах и графиках четко прослеживается прямая зависимость, с ростом скорости и увеличением величины отступления возрастает величина боковой силы и отношение рамной силы к статической осевой нагрузке при движении в прямом участке пути.
2. Несмотря на отмеченный рост динамических нагрузок, значения боковой силы и отношения рамной силы к статической нагрузке не превысили предельно допустимые значения, установленные в ГОСТ 34759-2021. [3].

Полученные результаты свидетельствуют о том, что отступление в плане на участке длиной 40 м не представляют угрозы безопасности, в исследуемом диапазоне скорости. Данная система сохраняет свою устойчивость, а динамическое воздействие на путь не достигает критических значений.

Заключение.

Результат проведенного математического моделирования позволяет пересмотреть инструкцию по допускам отступлений положения пути в плане. Установлено, что при определенных, количественно оцененных в работе уровнях отклонений, полное закрытие движения не является обязательной мерой.

Для верификации полученных данных расчетных данных необходимо проведение натурного эксперимента по методу Шлюмппа [3]. Сопоставление результатов натурных испытаний с показателями идеализированной модели является необходимым для подтверждения выводов, сделанных на основе математической модели.

В дальнейших исследованиях необходимо проверить сочетание отступлений и неисправностей разных видов на динамическое воздействие на путь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Распоряжение ОАО «РЖД» от 28.02.2020 № 436/р (ред. от 09.11.2020) «Об утверждении Инструкции по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения поездов».
- 2 Программный комплекс «Универсальный механизм» [Электронный ресурс]. URL: <https://umlab.ru/>
- 3 ГОСТ 34759-2021 «Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на железнодорожный путь и методы испытаний».

УДК 625.161

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УСТРОЙСТВ ЗАГРАДИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕЕЗДНЫХ

Я. В. Дорофеев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Железнодорожный переезд – это место пересечения автомобильной и железной дорог в одном уровне. Текущее содержание переездов и обеспечение безопасного движения по их территории поездов и автомобилей входит в обязанности работников путевого хозяйства. Все переезды, расположенные на главных путях, являются регулируемые, то есть оборудованными средствами сигнализации. В зависимости от интенсивности движения поездов и автомобилей переезды бывают охраняемые и не охраняемые.

Охраняемые железнодорожные переезды оборудуются следующими средствами ограждения: автоматический шлагбаум, поворотный шлагбаум и устройство заградительное переездное.

Автоматический шлагбаум является основным заградительным средством, которое в обязательном порядке должно быть на охраняемом переезде. При этом длина заградительного бруса шлагбаума должна быть такой, чтобы перекрывать не менее чем на 2/3 полотна в направлении движения, оставляя не закрытым полотно встречного движения. Это позволяет беспрепятственно покинуть зону переезда автомобилю, который по каким-либо причинам остался внутри проезжей части после закрытия шлагбаумов.

Поворотные шлагбаумы предназначены для ручного закрытия проезжей части переезда в случае отключения или нарушения в работе средств автоматики или отключения электрической энергии. Поворотные шлагбаумы переводятся в положение перпендикулярное проезжей части и фиксируются вручную дежурным работником переезда. Во время работы переезда в нормальном режиме, поворотные шлагбаумы не используются.

Устройство заградительное переездное (УЗП) является физическим барьером для выезда автомобилей на закрытый переезд (рисунок 1) [1]. В отличие от автоматического шлагбаума УЗП перекрывают проезжую часть полностью, исключая возможность проследования автомобиля на закрытый переезд. Таким образом, в настоящее время УЗП является наиболее надежным средством предотвращения выезда автомобильного транспорта на закрытый переезд.

Устройство заградительное переездное состоит из:

- металлического основания, которое монтируется в проезжую часть переезда на бетонном основании;
- крышки, которая в нормальном режиме расположена в плоскости асфальтовой поверхности проезжей части, а при приближении подвижного состава отпускается и под действием силы тяжести противовеса поднимается, представляя собой препятствие для автомобилей;
- противовеса, предназначенного для подъема крышки;
- электропривода, под действием которого крышка притягивается к основанию при помощи металлических цепей;
- других устройств автоматики, обеспечивающих работу УЗП.

В обязанности дежурного работника на переезде помимо прочего, входит контроль за исправной работой заградительных устройств, в том числе за состоянием пространства УЗП внутри основания под крышкой, то есть обеспечивать своевременную очистку данного пространства от грязи, мусора и прочих засорителей. Особо актуально это в зимний период, при выпадении большого количества осадков.

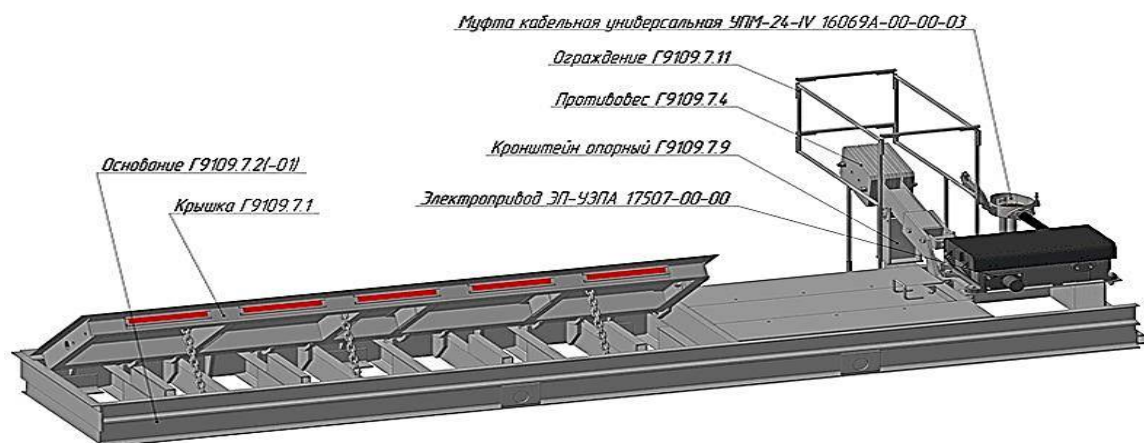


Рис. 1. Устройство заградительное переездное

При длительном закрытии переезда (например, при маневровых работах на станции) и, как следствие, длительном открытии УЗП в период верховой или низовой метели происходит заметание снега под крышкой устройства. При этом, приступить к удалению снега дежурный работник может только после проследования подвижного состава, при закрытом переезде, что увеличивает время ожидания для водителей автотранспорта. Более того, пространство под крышкой является труднодоступным для очистки и производить уборку снега в нем приходится небольшими совками или руками, что делает данную работу тяжелой и трудозатратной.

Повысить уровень механизации и, следовательно, снизить трудозатраты и время на производство данной работы можно следующими способами:

- пневмообдувка централизованная, то есть использование сжатого воздуха для очистки пространства внутри УЗП. Для реализации данного способа необходимо наличие на станции компрессорной установки;
- электрообогрев. Данный способ не может быть использован для решения поставленной задачи, поскольку вода полученная в результате таяния под действием нагревательных элементов должна отводиться из полости УЗП, а в зимний период это нереализуемо, поскольку она будет замерзать в любом отводном желобе. Более того, реагент используемой для посыпки дорог смешанный с водой, будет способствовать развитию коррозии металлической рамы устройства;
- пневмообдувка бензиновая ручная. Данный способ может быть применим, но его реализация осложняется необходимостью закупки подобного инструмента (ориентировочная стоимость 15 тысяч рублей за штуку) и обеспечение его работы бензином.

Таким образом, имеющиеся способы решения поставленной проблемы имеют ряд существенных недостатков. В связи с этим предлагается оснастить устройства заградительные переездные защитными завесами. Такие завесы должны монтироваться на крышку УЗП одним концом, а вторым крепиться на ролики, расположенные на раме, таким образом, чтобы при опускании крышки они наматывались на ролики. В качестве материала для данной завесы можно использовать высокопрочные мягкие синтетические материалы. В случае использования таких завес, исключающих попадание снега в пространство под крышкой УЗП работа по его очистке будет сводиться к обметанию материала перед открытием переезда после проследования подвижного состава.

Вывод. В зимний период использование УЗП на переездах осложняется сложностью и трудоемкостью работ по их очистке от снега. Существующие способы очистки УЗП имеют ряд существенных ограничений в использовании. Ручная очистка требует закрытия переезда для движения автомобильного транспорта, что в целом снижает пропускную способность переездов. Решением этих проблем может явиться использование завес для УЗП, предотвращающих их от снежных заносов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Условия эксплуатации железнодорожных переездов: утверждена приказом Министерства транспорта РФ от 5 октября 2022 г.
- 2 Инструкция по охране труда для дежурного по переезду ИОТ РЖД-4100612-ЦП-095-2016.: утверждена: распоряжением ОАО «РЖД» от 16 декабря 2016 г. N 2562 р.
- 3 Официальный сайт Производственного Объединения ООО «НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АН» [Электронный ресурс]. URL <https://www.uzpspb.com/> (дата обращения 26.10.2025 г.).

УДК 625.143.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОКОНЧАТЕЛЬНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕЛЬСОВОЙ ПЛЕТИ

Я. В. Дорофеев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Конструкция бесстыкового пути наиболее прогрессивная конструкция верхнего строения пути, которая позволяет значительно снизить затраты труда на текущее содержание, продлить срок службы элементов ВСП, сделать движение поездов более плавным, в результате чего повысить комфортность езды для пассажиров. В тоже время, текущее содержание бесстыкового пути является более сложным чем звеньевое. Это связано с необходимостью учитывать температурные работу рельсовых плетей и напряжения возникающие в них.

С точки зрения температурной работы, бесстыковой путь отличается от звеньевое тем, что в каждой плети возникают три участка: два концевых «дышащих», в которых температурные силы изменяются и серединный в котором они постоянны (рисунок 1). Нарушение технологии содержания бесстыкового пути может привести к тому, что продольные температурные силы превысят силы сопротивления поперечному сдвигу РШР, что может привести к выбросу пути.

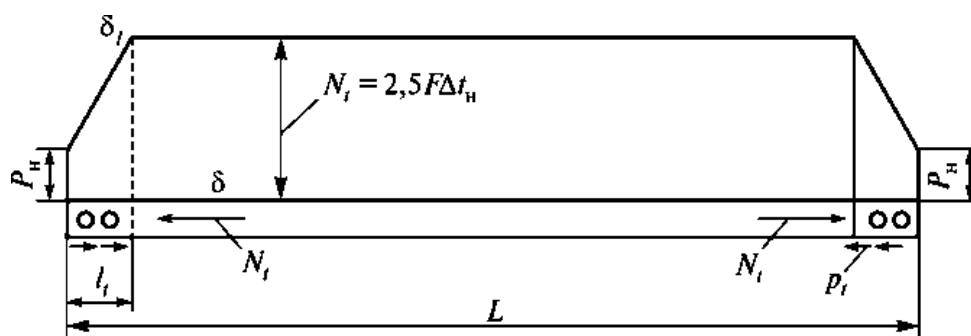


Рис. 1. Эпюра температурных сил в рельсовой плети

Одной из причин изменения эпюры температурных сил является временное восстановление рельсовой плиты, необходимость которого возникает при обнаружении в плети дефектного места, что требует вырезки данного места и установки рельсовой рубки с двумя болтовыми стыками. В этом случае эпюра будет выглядеть следующим образом (рисунок 2). Для восстановления целостности рельсовой плиты, места временного восстановления подлежат окончательному восстановлению в плановом порядке.

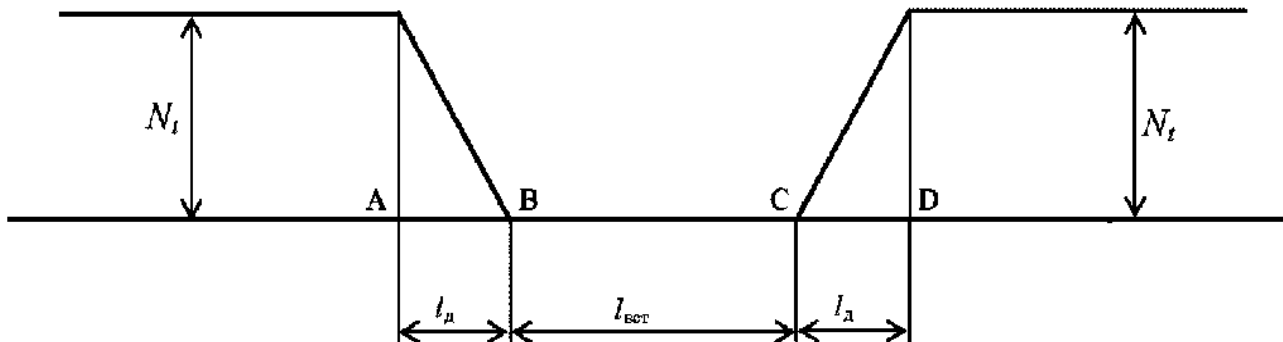


Рис. 2. Эпюра температурных сил в месте временного восстановления плиты

Окончательное восстановление рельсовых плит заключается в вырезке части плиты с дефектом, в том числе взятым в накладки, или в изъятии рельса, уложенного при временном восстановлении, и вваривании вместо них рельсовой вставки, одинаковой по износу и качеству металла с рельсовой плитой, и не превышающей ее по наработке более чем на 100 млн. тонн брутто.

При окончательном восстановлении плиты могут свариваться электроконтактной или алюминотермитной сваркой. Для того, чтобы после сварки в плеть рельса взамен места временного восстановления температурные силы на данном участке плиты соответствовали силам на остальных участках средней части плиты, работа по сварке производится с предварительным изгибом рельсовой плиты.

Согласно [1], рельсовую вставку сваривают с концами плиты в сечении А. После сварки в сечении А забег конца рельсовой плиты относительно рельсовой вставки (Δl_3) должен соответствовать:

$$\Delta l_3 = \delta + 1 + 5 = \delta + 6, \text{ мм.} \quad (1)$$

Раскрепленную часть плиты вывешивают и изгибают в горизонтальной плоскости на прямых участках в сторону оси пути или наружу, а на кривых – только в наружную сторону кривой. Изгиб плиты следует заканчивать, когда торец плиты совпадает с торцом приваренной ранее рельсовой вставки.

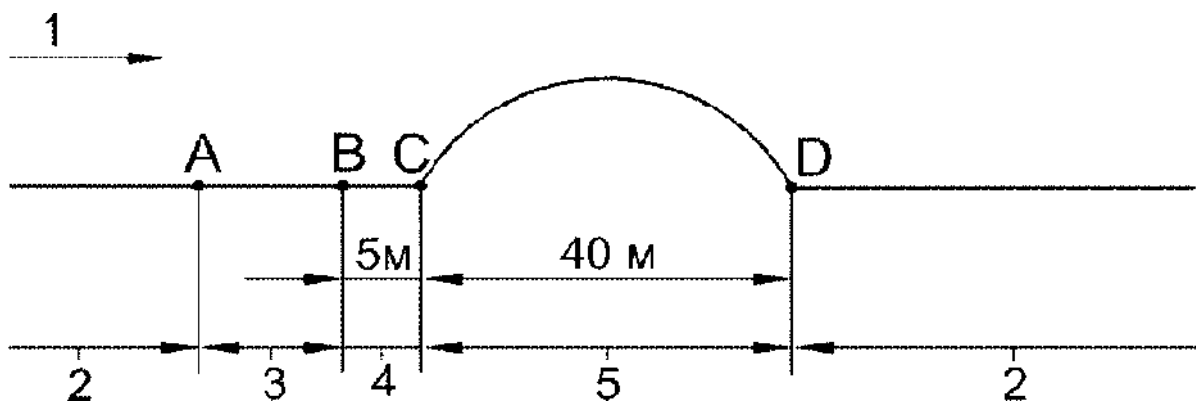


Рис. 3. Схема изгиба рельсовой плиты при сварке с предварительным изгибом. А, В - места сварки; С, D - начало и конец изгиба плиты; 1 - направление движения ПРСМ; 2 - рельсовая плеть не раскрепляется; 3 - вставка;

4 – крепления ослабляются; 5 – крепления снимаются

Инструкция [1] указывает, что «по окончании сварки плетть не должна занимать исходного положения - стрела остаточного изгиба должна оставаться в пределах 15-25 см». При этом не установлена градация стрелы изгиба относительно разности температуры в плети и температуры ее закрепления, а именно эта разность на прямую влияет на величину температурных напряжений в плети. Таким образом, для более качественного выполнения работы по восстановлению рельсовой плети, необходимо произвести расчет величины стрелы изгиба в зависимости от разности температур.

Для производства таких расчетов необходимо учитывать, что изгиб раскрепленного участка рельсовой плети будет происходить не по кривой с постоянным радиусом. Определение закона, по которому происходит изгиб рельсовой плети в данном случае требует исследований.

Таким образом, необходимо провести эксперимент, в ходе которого создать «петлю» по схеме, показанной на рисунке 3 и произвести измерения ординат участка CD через каждые 2 метра. По результатам данного исследования определить функцию, по которой происходит изгиб, а по данной функции определить зависимость длины дуги участка CD от стрелы ее изгиба. По данной зависимости рассчитать значения и составить таблицу зависимости стрелы изгиба петли от разности фактической температуры в рельсе на момент производства работ по окончательному восстановлению рельсовой плети и температуры ее закрепления.

Разработка данной таблицы и включение ее в Инструкцию [1] позволит руководителям работ на местах производить работы на бесстыковом пути с более высоким качеством, что в конечном итоге повысит надежность бесстыкового пути и безопасность движения поездов.

Также необходимо снизить трудоёмкость работы по окончательному восстановлению рельсовой плети, поскольку в настоящее время, технология выполнения данной работы предусматривает постановку изогнутого участка плети на шпалы монтерами пути вручную, с использованием остроконечных ломов. Для выполнения данной технологической операции может применяться цепное стяжное устройство (рисунок 5), что снизит трудозатраты данной работы.

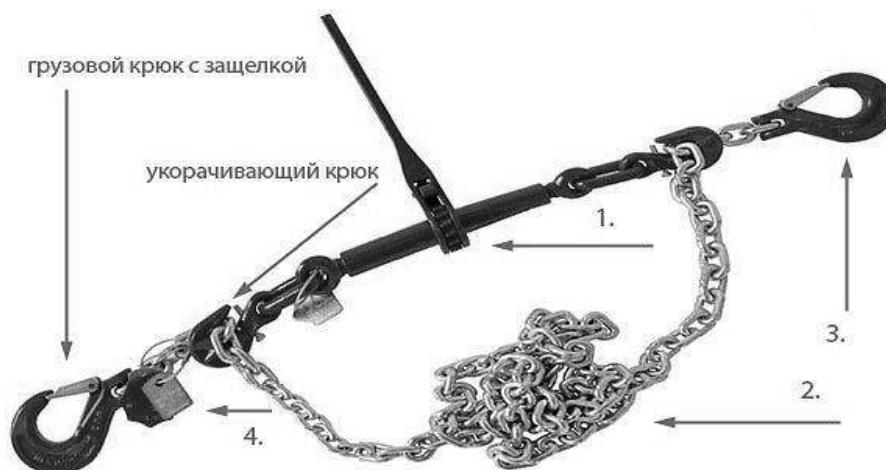


Рис. 5. Цепное стяжное устройство: 1 - цепной натяжитель (рэтчет); 2 - стяжная цепь; 3 - грузозахватный крюк с защелкой; 4 - бирка устройства

Данное устройство имеет основание с рукоятью 355мм, в которое вкручиваются и выкручиваются концевики с крюками на их концах. Когда концевики находятся в выкрученном (самом широком) состоянии в крюки вставляется цепь, храповый механизм (он же – трещеточный механизм натяжителя) переключается и на вкручивание концевиков внутрь основания цепного талрепа. Концевики вкручиваются внутрь, за счет чего натягивается крепежная цепь.

Вывод. Для повышения качества работы по окончательному восстановлению рельсовой плети необходимо проведение исследования зависимости изменения температурных сил в рельсовых плетях от величины стрелы изгиба «петли» устраиваемой при варке рельсовой рубки в плетть. Для снижения трудоемкости данной работы может использоваться цепное стяжное устройство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути, утверждённая распоряжением ОАО «РЖД» от 14.12.2016 №2544/р.
- 2 Дорофеев, Я. В. К вопросу определения нейтральной температуры рельсовых плетей / Я. В. Дорофеев, Д. В. Овчинников, В. А. Покацкий // Вестник транспорта Поволжья. 2014. № 4(46). С. 60-63. EDN SWJHQR.

ПРИОРИТЕТ СОЗДАНИЯ ПОДВОДНОГО ТОННЕЛЯ МЕЖДУ РОССИЕЙ И СЕВЕРНОЙ АМЕРИКОЙ

А. А. Жвавая, Н. Э. Амиров

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В эпоху глобализации и стремительного роста грузопотоков устойчивость и логистические цепочки становятся ключевыми элементами экономической безопасности мировых держав. Существуют определённые маршруты, которые связывают Евразию и Северную Америку. Несмотря на свою отработанность, обладают своей протяжённостью и уязвимостью к конфликтам. В данной работе – Берингов пролив сыграет свою важную роль, ведь в проекте будет предусмотрено создание подводного моста из России в Северную Америку как раз через этот пролив. Берингов пролив разделяет Чукотку и Аляску узкой шириной воды около 86 километров. То уникальная возможность для создания кратчайшего сухопутного моста. В данной работе будет представлена идея по созданию стратегического и ресурсного тоннеля и произведена комплексная оценка по его созданию.

Основная часть.

Подводный тоннель – тоннель, полностью или в значительной своей части находящийся под водой. Его сооружают для преодоления водной преграды с целью пропуска транспортных средств, пешеходов, прокладки инженерных коммуникаций и прочего.

Актуальность создания подводного тоннеля обусловлена не только логистическими, но и геополитическими, экономическими и тому подобное императивам. Рассматривается данная разработка не как обычная инфраструктура «для галочки», а как стратегический приоритет, определяющий вектор развития на многие годы вперёд.

Мировой опыт данных инфраструктур имеют в себе аналоги:

1. Евротоннель под Ла-Маншем – это двухпутный железнодорожный тоннель длиной около 51 км. 39 км. из которых проходят под проливом Ла-Манш (рис.1).



Рис. 5. Евротоннель под Ла-Маншем

2. Японский тоннель Сэйкан – это японский двухпутный железнодорожный тоннель с совмещённой колеей. Общая длина тоннеля составляет 53,85 км (рис.2).



Рис. 6. Японский тоннель Сэйкан

3. Готтардский базовый тоннель – железнодорожный тоннель в Швейцарии длиной 57,1 км. Северный портал тоннеля находится воле деревни Эрстфельд, а южный – возле деревни Бодио (рис. 3).



Рис. 7. Готтардский базовый тоннель

Данные мосты демонстрируют возможность создания строительства протяжённых подземных и подводных тоннелей. Но стоит учесть условия Берингова пролива: низкие температуры, сложные ледовые режимы и удалённость – таких аналогов не существует. Для этого требуется новые научные изыскания и технологические решения. Проблемой в современных исследованиях является отсутствие детальных проработок и адаптации к арктическим условиям.

Берингов пролив характеризуется сложным профилем дна с глубиной от 30 до 60 метров. Присутствует наличие подводных возвышений и впадин. Ориентирами для разработки подводного тоннеля могут быть Большой и Малый Диомид – в них могут использоваться как промежуточные опоры базы для логистики и шахт (рис.4).



Рис. 8. Расстояние из Чукотки в Аляску. Примерный маршрут для строительства подводного тоннеля

Из-за особой зоны в виде сочленения Евразийской и Северо-Американской литосферных плит, что выходит в свою очередь в виде высокой тектонической активности. Эти события достигают до 8 и 9 баллов. Особую опасность представляют собой залежи метангидратов. Из-за них строительство может привести к непредсказуемым последствиям. На проект могут подействовать отрицательные климатические и гидрологические условия. Режим пролива подразумевается под сильные течения (3 или 4 узла), сложным ледовым режимом с появлениями торосов высотой около 2 метров и сезонные колебания температуры воды. Из-за низких температур должны быть использованы специальные оборудования, способные вынести суровые погодные условия.

Геополитическая составляющая проекта является одной из наиболее значимых. Возведение подводного тоннеля кардинально усилит стратегическое положение Российской Федерации во всех направлениях. Помимо транспортной функции, подводный тоннель обеспечит защищённую среду для прокладки линий связи и, при определённых обоснований, трубопроводных систем, что значительно увеличит энергетическую и информационную безопасность государств, заинтересованных в данном проекте. Данный объект будет обладать двойным назначением – гражданским и стратегическим. Это обусловит необходимостью к разработке уникальных режимов среди государств контроля, управления и безопасности. Имплементацией проекта невозможна без прочной международной-правовой базы между Российской Федерацией, США и Канадой. Поэтому предполагает под собой создание специальной комиссии для регулировки вероятных конфликтов и разногласий.

Также не стоит упускать из внимания экологический аспект. Строительные работы окажут значительное воздействие на экосистему. Основные риски сопряжены с повышением мутности воды и вероятным загрязнением акватории. Возможны разливы горюче-смазочного материала, воздействие на морскую фауну и изменение миграционных путей. Такие риски должны быть под присмотром и находится под природоохраняемыми мероприятиями. Должна применяться наилучшая доступная технология на самых ранних этапов проектирования для того, чтобы минимизировать ущерб.

В качестве примера для строительства подводного тоннеля можно привести недавнее завершение строительства в Китае крупнейшего во всём мире подводного щитового тоннеля Цзинань-Хуанган. Этот тоннель

находится под рекой Хуанхэ. Протяжённость подводного участка составляет 3290 метров. Диаметр – 17 метров. Для его создания использовалась самая большая проходческая машина «Шаньхэ» в мире. Её диаметр составил 17,5 метров. Благодаря своим габаритам и определённым системам проект в Китае закончили всего за 110 дней. Этот пример показывает, что строительство подводного моста из Чукотки в Аляску возможно.

Реализация проекта требует инновационных решений, обусловленных комплексом определённых вызовов. Глубина заложения тоннеля должна быть не менее 50–100 метров от дна. Такая глубина критична для минимизации ледовых, эрозионных и сейсмических рисков. Возможная конструкция – двухпутная железная дорога с технологической галереей. Обделка требует использования только высокопрочных сталей и специальных бетонов. Показатели необходимы быть водонепроницаемыми и морозостойкими. Стыковые соединения же должны быть оснащены герметизацией. Проходка тоннелепроходческими комплексами сопряжена с высокими рисками. Требуются интегрированные инженерные системы: двухконтурные вентиляции; многоуровневые безопасности – пожаротушение, убежища и так далее; непрерывный мониторинг конструкции и дублирование системы энергоснабжения от береговых станций.

Примерная стоимость данного проекта может достигать до 250 миллиардов долларов США. Значительная часть (50–60 %) уйдёт только на строительство тоннеля, развитие наземной инфраструктуры – 25 %, закупка необходимого оборудования – 10–15 %, а инженерные изыскания составят лишь 5 %. Высокие расходы дейтерированы энергопотреблением и необходимостью обслуживания в морской среде.

Заключение.

Таким образом не в зависимости от колоссальных затрат, стратегическая значимость проекта для создания подводного тоннеля через Берингов пролив превышает текущие экономические риски. Его приоритет составляет в полномасштабные научно-исследовательские работы, международных переговоров и создания необходимой базы. Этот проект определит вектор технологического, экономического и геополитического развития в сфере строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Соколова С. Е., Богданов Я. А., Манько А. В., Муравьева Е. А. Моделирование возведения подводного тоннеля метрополитена // ИВД. 2023. № 5 (101). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-vozvedeniya-podvodnogo-tonnelya-metropolitena> (дата обращения: 03.11.2025).
- 2 Маковский Л. В. Подводный тоннель // Большая российская энциклопедия: научно-образовательный портал. URL: <https://bigenc.ru/c/podvodnyi-tonnel-02652b/?v=7376270>. Дата публикации: 25.05.2023
- 3 Филин С. А., Якушев А. Ж. Стратегия реализации Проекта трансконтинентальной железнодорожной магистрали через Берингов пролив // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 10 (343). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategiya-realizatsii-proekta-transkontinentalnoy-zheleznodorozhnoy-magistrali-cherez-beringov-proliv> (дата обращения: 03.11.2025).

УДК 624.19

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ СОЗДАНИЯ ТОННЕЛЬНОГО ПЕРЕХОДА В МАРКОТХСКОМ ХРЕБТЕ

А. А. Жвавая, А. С. Баранов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Развитие транспортной инфраструктуры выступает ключевым фактором экономического роста любого региона. Для городов Новороссийск, Геленджик и Кабардинки, которые огибаются Маркотхским хребтом, характерны недостаточные развития дорожной сети. Это в свою очередь задерживает развитие торговли, промышленности и, конечно же, туризма. Существуют дорожные трассы, которые огибают весь Маркотхский хребет, но это отрицательно сказывается на времени, который приходится тратить на лишнюю дорогу. Происходит повышение аварий и значительной протяжённости, увеличивая логистические издержки на 25–40 %. Но Маркотхский хребет является естественным, огибая даже целых три города. Она разделяет густонаселённую равнинную часть и прибрежные (перспективные) экономические зоны. В данной работе будут рассмотрены возможности создания и строительства тоннельного перехода через Маркотхский хребет.

Основная часть.

Тоннель через хребет (горный тоннель) – это сооружение, которое преодолевает высотное препятствие по трассе автомобильной дороги, железной дороги, инженерных сетей и коммуникаций и др. Такие тоннели подразделяют на вершинные (на высоких отметках) и базисные (у подножия горного массива). Существуют горные тоннели – Рокский тоннель, тоннель под Крестовым перевалом. Такие тоннели способны обеспечить всесезонную и безопасную транспортную связь, стимулируя развитие экономики, туризма и логистики.

1. Рокский тоннель – автодорожный тоннель, проходящий через главный Кавказский хребет Рокском перевале. Находится именно в Сохс горе, между Сверхней Осетией и частично признанной Южной Осетией. Протяжённость составляет 3730 метра (рис.1).



Рис. 9. Рокский тоннель

2. Тоннель под Крестовым перевалом - строящийся автомобильный тоннель в Грузии, пересекающий Большой Кавказский хребет. Ещё называют «Тоннель Гудаури». Общая длина составляет 9000 метров. Завершения строительства планируется в 2027 году (рис.2).



Рис. 10. Тоннель под Крестовым перевалом. «Тоннель Гудаури»

Как известно, проводились региональные инженерно-геологические исследования на территории Маркотхского хребта, но они никак не относились для цели создания тоннельного прохода. Новизной является комплексный подход, который объединяет актуальные данные геологии, современные методы проектирования и экономический анализ. Инженерно-геологические исследования показывают, что Маркотхский хребет сложен в основном осадочными породами. Их относят к меловому и юрскому периоду – известняки, аргиллиты, алевролиты и песчаники. Но физико-механические свойства пород неоднородны. Известняки, по известным данным, характеризуются высокой прочностью, но является закарстованным массивом. Аргиллиты и алевролиты склонны и вовсе к разупрочнению при контакте с водой. Район, Маркотхский хребет, подразумевает под себя повышенную трещиноватость и дробление пород, что может затруднить строительство тоннеля. Основу хребта составляет мергель, также распространены песчаники и глины. Также недавно были зафиксированы тектонические движения, что в свою очередь свидетельствуют о потенциальной нестабильности массива.

Гидравлические составляющие характеризуются наличием двух водоносных горизонтов. Это трещинно-пластовый в известняках и порово-пластовый в песчаниках. Уровень грунтовых вод залегает на глубине примерно 50–150 метров. В зоне тектонических нарушений также могут происходить обводнённость пород. Район относится к семибалльной зоне по шкале MSK-64 (Шкала Медведева – Шпонхойера – Карника). Отмечается умеренная сейсмическая активность. Из современных геологических процессов наиболее развиты оползни на крутых склонах и обвалы. Карстовые процессы же имеют локальное распространение.

Технические аспекты проектирования включают в себя выбор трассы, конструкция тоннеля и метода проходки (рис.3).



Рис. 11. Примерное строительство тоннельного прохода

Для начала строительства стоит построить первый пролёт, составляющий из 4500 метров (Длина всего Маркотхского хребта составляет 90000 метров). Будет рекомендована конструкция односводчатого тоннеля с предварительно сделанной обделкой из железобетона. Расчётный внутренний диаметр составит 10,5 метров. Для организации двухполосного движения в разные стороны толщина должна быть 40 сантиметров. Чтобы обезопасить путь стоит предусмотреть применение набрызг-бетона и анкерной крепи. Это позволит защитить зоны неустойчивости. На участках устойчивых пород будет использоваться буровзрывной способ с использованием проходческих комбайнов. А где находятся неустойчивые и обводнённые породы будут применяться тоннелепроходческий механизированный комплекс (ТМПК). Для ТМПК будут применены активные забойные давления. Это позволит обеспечить скорость проходки примерно до 300 метров в месяц. В данном проекте будут учтены продольные вентиляции, светодиодное освещение, водоотведение и так далее.

Данная разработка будет оценена примерно в 17 миллиардов рублей – именно начальные этапы, на которых будут строиться лишь 4500 метров тоннельного пролёта. 5 % от стоимости будут отданы на инженерные изыскания и проектирования, 70 % - строительно-монтажные работы, 20 % - закупка необходимого оборудования, 5 % - непредвидимые расходы. Годовые затраты для эксплуатации примерно составляют 250 миллионов рублей. Несмотря на большие затраты строительства тоннельного прохода, с экономической точки зрения существуют свои же плюсы. Произойдёт сокращение времени в пути – оно составит около 1,5 часов; годовая экономия на транспортных расходах – 2,5 миллиардов рублей. Проект позволит создать менее 1500 рабочих мест во время строительства и 200 – в период его эксплуатации. Во время эксплуатации появится рост грузопотока на 25 % и развитие туристического кластера.

Главными рисками включают в себя геологические из-за неустойчивых пород, финансовые, экологические – нарушение гидрологического режима. Срок окупаемости примерно составит 12 лет – это подтверждает экономическую целесообразность данной работы.

При строительстве тоннельного прохода могут быть отрицательные экологические оценки. Может подняться мутность вод в источниках, загрязнение воздуха и нарушение путей миграции животных. Маркотхский хребет является уникальным природным объектом, включающий в себя около 45 растений, занесённых в Красную книгу России. Также обитают редкие виды животных: малоазиатский тритон и средиземноморская черепаха.

Для минимизации вышеперечисленных недостатков можно произвести комплекс мероприятий. Например, строительство очистных сооружений для сточных вод, сохранение миграционных коридоров для животных с помощью строительства экодуков.

Заключение.

Проведённые вышеперечисленные плюсы и минусы создания проекта тоннельного прохода через Маркотхский хребет показали, что, несмотря на сложные инженерно-геологические условия, строительство реализуемо. Выбранный путь способен минимизировать геологические риски, а примерные расчёты показали сроки окупаемости и высокую оценку экономического эффекта. Разработанные природоохранные мероприятия направлены на сохранение экосистемы этого района. Перспективы дальнейших исследований связаны с необходимостью проведения детальных инженерных и геологических изысканий по выбранной трассе и разработки государственной экспертизы данного проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Тутов С. С. Строительство тоннелей // Достижения науки и образования. 2021. № 3 (75). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stroitelstvo-tonneley> (дата обращения: 02.11.2025).
- 2 Дубинин Д. С., Макеев К. В., Косачева Е. В. Строительство тоннелей горным способом // Материалы XV Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». URL: <https://scienceforum.ru/2023/article/2018033634>»><https://scienceforum.ru/2023/article/2018033634> (дата обращения: 02.11.2025).
- 3 Овсяченко А. Н., Шварев С. В. Детальный морфотектонический анализ и оценка современной активности разрывных структур краевой части Северо-западного кавказа (Маркотхский хребет). *Геоморфология*. 2005;(2):58-72. <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2005-2-12>

УДК 691.175

ИННОВАЦИОННЫЕ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Т. А. Жук, И. Черногривец, Е. В. Русанова

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Введение. Актуальность проблемы обеспечения надежной и долговечной гидроизоляции строительных конструкций всегда была очень высокой, так как наибольшую опасность представляют конструкции, к которым тяжело получить визуальный доступ для полного технического контроля. Воздействие влаги является одним из основных факторов, приводящих к снижению несущей способности, долговечности и эксплуатационных характеристик зданий и сооружений. Традиционные материалы зачастую не справляются с требованиями современных проектов, характеризующихся сложными геометрическими формами, высокими динамическими нагрузками и агрессивными средами. Их недостатки – низкая эластичность, склонность к старению, сложность монтажа на сложных поверхностях и ограниченный срок службы вынуждают искать совсем новые решения, более совершенные и удобные в применении.

Целью данной работы является систематизация и анализ современных инновационных материалов для гидроизоляции, оценка их эффективности, перспектив использования на практике и выявление ключевых направлений для дальнейших научных и прикладных исследований. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: рассмотреть классификацию инновационных гидроизоляционных материалов, изучить их механизмы действия, проанализировать результаты исследований их свойств и определить области их наиболее эффективного применения.

Методы решения задачи. Для решения поставленных задач был применен комплекс методов, включающий:

1. Аналитический обзор научной литературы и патентных исследований в области гидроизоляционных технологий. Основной источниковой базой послужили авторитетные научные электронные библиотеки, а также специализированные научные издания для обеспечения достоверности и научной значимости используемой информации.
2. Сравнительный анализ характеристик традиционных и инновационных материалов.
3. Систематизация полученных данных по принципу действия и химическому составу материалов.

Анализ полученных результатов. В результате проведенного анализа были выделены следующие классы инновационных гидроизоляционных материалов:

Проникающая гидроизоляция. В отличие от материалов, создающих просто внешний барьер, проникающие составы (на основе силикатов щелочных металлов, активных кремнийорганических соединений) работают по принципу химической реакции с компонентами бетона. Активные реагенты, проникая вглубь структуры по капиллярам и заполняя поры, вступают в реакцию с ионами кальция и продуктами гидратации цемента, формируя нерастворимые кристаллические новообразования. Эти кристаллы плотно блокируют поры и микротрещины, делая бетон водонепроницаемым по всей толщине обработанного слоя. Важным преимуществом является способность таких составов «самоактивироваться» при появлении новой влаги, продолжая процесс герметизации. Главным преимуществом проникающей гидроизоляции является то, что она защищает конструкцию не только с наружи, но и внутри. В данный момент этот метод гидроизоляции нашел широкое применение при восстановлении гидроизоляции всевозможных конструкций из бетона и железобетона. Самыми популярными и эффективными материалами для проникающей гидроизоляции на территории России и ближнего зарубежья

являются: «Лахта», «Пенетрон» и «Кристаллизол». Принцип работы проникающих гидроизоляционных материалов представлен на рис.

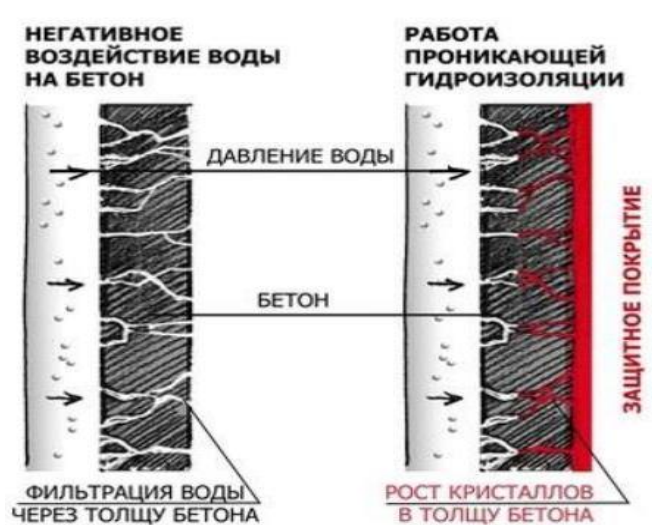


Рис. Принцип работы проникающих гидроизоляционных материалов [1]

Мембранная гидроизоляция. Мембранная гидроизоляция представляет собой метод защиты строительных конструкций от проникновения влаги во внутрь и последующего разрушения. Основная функция мембраны заключается в создании слоя, препятствующего капиллярному и фильтрационному проникновению влаги на длительный срок, гарантируя долговременную эксплуатационную надежность.

Мембраны классифицируют на 3 вида:

1. Полимерные мембраны – наиболее распространены. Изготавливаются из ПВХ (поливинилхлорид), ТПО (термопластичный полиолефин), EPDM (этилен-пропилен-диеновый каучук). Обеспечивают высокую эластичность, стойкость к ультрафиолетовому излучению и химическим воздействиям.
2. Битумные мембраны – представляют собой модифицированный битум с армирующей подложкой (полиэстер, стеклохолст). Отличаются хорошей адгезией к основанию и высокой водонепроницаемостью.
3. Композитные мембраны – комбинируют несколько материалов для улучшения механических и эксплуатационных характеристик.

Преимуществом этого вида гидроизоляции перед традиционными является долговечность и стойкость к агрессивным средам, высокая способность выдерживать деформации строительных конструкций, а также возможность применения для горизонтальных и вертикальных поверхностей.

Материалы с эффектом «самозалечивания» (Self-Healing). Материал с эффектом «самозалечивания» обладает способностью самостоятельно восстанавливать целостность структуры без внешнего вмешательства, что обеспечивает ему значительное преимущество по сравнению с традиционными материалами. Принцип его действия заключается во введении в матрицу системы активных компонентов, способных реагировать на механические повреждения. При нарушении целостности материала активируются микрокапсулы, волокна или вязкотекучие среды, содержащие залечивающее вещество. Освобождаясь в зоне повреждения, это вещество заполняет образовавшуюся полость и вступает в химическую или физико-химическую реакцию с окружающей матрицей, формируя прочное соединение и восстанавливая целостность структуры. Благодаря этому материал сохраняет свои гидроизоляционные свойства даже после возникновения повреждений.

Различают три типа самозалечивающихся материалов – термореактивные, полимерные и неорганические. Наибольшее распространение получили полимерные композиции, содержащие микрокапсулированные смолы и катализаторы, которые при контакте инициируют процесс полимеризации, заполняя трещину и восстанавливая целостность структуры. Введение таких самозалечивающихся компонентов в состав мембран и покрытий позволяет им самостоятельно устранять микрповреждения, сохраняя герметичность и гидроизоляционные свойства материала.

Практическое приложение результатов. Результаты анализа показывают высокий потенциал применения рассмотренных инновационных материалов в различных сферах строительства.

Проникающая гидроизоляция наиболее эффективна для массивных бетонных конструкций (фундаменты, подвалы, тоннели), где доступ к внешней стороне для ремонта затруднен или невозможен.

Мембраны нашли широкое применение в гражданском и промышленном строительстве при устройстве кровельных конструкций, подземных сооружений, различных резервуаров и бассейнов, балконов, трасс и мостовых покрытий.

Технологии самозалечивания являются стратегическими для объектов с длительным сроком эксплуатации и высокими требованиями к безопасности, таких как атомные электростанции, дамбы, а также для строительства в сейсмически активных регионах.

Внедрение этих материалов позволяет не только повысить надежность конструкций, но и существенно сократить эксплуатационные расходы за счет снижения объема ремонтных работ.

Выводы. Анализируя вышеизложенное, можно сформулировать следующее:

- проведенный анализ позволил идентифицировать и классифицировать основные виды инновационных гидроизоляционных материалов;
- в ходе анализа выявлено, что новые материалы имеют ряд преимуществ перед традиционными, такие как большая долговечность, адаптивность к воздействиям, возможность создания бесшовных покрытий;
- перспективными направлениями для дальнейших исследований являются оптимизация составов для снижения стоимости, разработка «интеллектуальных» материалов и углубленное изучение долгосрочного поведения материалов в условиях эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Носков, И. В. Экспериментальное исследование влияния проникающей гидроизоляции на основные свойства бетона / И. В. Носков, М. В. Машкин // Ползуновский Альманах. Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2018. № 2. С. 154–158.
- 2 Носков, И. В. Восстановление гидроизоляции фундаментов зданий и сооружений с применением современных материалов и технологий / И. В. Носков, Н. С. Суслова // Наука и молодежь – 2018 : материалы 15-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / АлтГТУ ; Горизонты образования. Барнаул : АлтГТУ, 2018. Выпуск № 20.
- 3 Севостьянова, И. М., Субботина, Е. К., Иванова, Е. Р., Амзаракова, П. А., Лукина, Л. А. Анализ использования мембраны из поливинилхлорида в строительстве // Московский экономический журнал. 2019. № 77.
- 4 Колобков, А. С. Самозалечивающиеся композиционные материалы (обзор) / А. С. Колобков, С. С. Малаховский // Труды ВИАМ. 2019. № 1 (73).

УДК 693.81

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА УЧАСТКАХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Д. Р. Измайлова, П. А. Кабанов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Освоение Арктики ставит перед нами сложную задачу: транспортная инфраструктура здесь должна быть сверхнадежной. Строительство стратегически важного Северного широтного хода – это вызов инженерам, ведь нужно обеспечить бесперебойную работу железной дороги в условиях, где основание из вечномерзлых грунтов теряет свою устойчивость из-за интенсивного протаивания. Традиционные методы в этой ситуации часто не применимы.

Проблема взаимодействия построек с вечномерзлыми грунтами изучается давно, но сейчас она обострилась из-за изменения климата. Мерзлота деградирует быстрее, и это заставляет искать принципиально новые решения. Появляется необходимость проектировать дороги с учетом того, как будет меняться температура грунта в будущем, и как это повлияет на всю конструкцию рельсошпальной решетки.

Один из самых перспективных путей укрепления и стабилизации оснований дорог в условиях вечномерзлых грунтов – использование современных геосинтетических материалов. Они открывают возможности для создания гибких и устойчивых конструкций. Современный уровень технологий позволяет перейти к принципиально новому решению вместо простого применения геосинтетики пора создавать «умные»

геотехнические системы. Такие системы должны не просто выдерживать нагрузки, а самостоятельно подстраиваться под меняющиеся условия, обеспечивая долговечность и безопасность [2, 4].

Изучив, как в России и за рубежом используют геосинтетические материалы для укрепления железных дорог на вечной мерзлоте. Опыт показывает, что некоторые технологии уже успешно работают. Например:

- Георешетки хорошо укрепляют саму насыпь;
- Геотекстиль не дает разным слоям грунта смешиваться;
- Геомембраны защищают от тепла, сохраняя мерзлоту.

Но у этих решений есть серьезные недостатки. Почти все они рассчитаны на относительно постоянные условия и не умеют «подстраиваться», когда грунт из-за изменения температуры начинает двигаться. Кроме того, у нас нет надежной системы, которая бы в реальном времени отслеживала состояние конструкции и сигнализировала, когда требуется вмешательство [1].

Современные модели пока не позволяют делать точные прогнозы. Они зачастую не учитывают полную взаимосвязь между тепловыми процессами в грунте и его механическим поведением. Особенно сложно предсказать, как будет вести себя мерзлота годами, под совместным воздействием природы и постоянной нагрузки от поездов.

Зарубежные исследования данного вопроса Канады и Скандинавии в основном касаются автодорог, а для железнодорожного полотна с его колоссальными нагрузками и требованиями к надежности эти решения требуют серьезной доработки [3, 5].

Концепция интеллектуальной геосинтетической системы. Наиболее перспективным направлением является разработка «умной» системы для укрепления дорог на вечной мерзлоте, которая сама подстраивается под изменения среды. Её основой являются особые многослойные материалы, которые не только армируют грунт, но и регулируют его температуру.

Главными элементами системы являются материалы - «термобатарей». Они активно поглощают и отдают тепло именно в том диапазоне, где мерзлый грунт наиболее уязвим. Это позволяет «сгладить» сезонные перепады температуры на 3-5°C, таким образом замедляя разрушительные процессы.

Система дополнена датчиками и блоком управления для мониторинга и корректировки работы в реальном времени. Моделирование доказывает, что этот подход обеспечит долговременную стабильность железнодорожного полотна.

Система мониторинга и управления. Центральным элементом концепции является интегрированная система мониторинга и управления. Её основу составляют датчики, встроенные прямо в геосинтетические материалы, которые отслеживают в реальном времени ключевые показатели: температуру, деформации, влажность и механические напряжения.

Решение основано на оптоволоконных датчиках, которые отличаются высокой надежностью, устойчивостью к помехам и возможностью проводить измерения распределенно по всей своей длине. Эта технология делает геосинтетические материалы по-настоящему «интеллектуальными».

Данные с датчиков поступают в систему управления, где анализируются с помощью математических моделей. Это позволяет не только оценивать текущее состояние конструкции, но и прогнозировать его изменение. При обнаружении тревожных тенденций система автоматически запускает корректирующие меры – например, активирует термостабилизацию или регулирует дренаж.

Для работы в условиях неполных данных в алгоритмы заложена нечеткая логика. Моделирование показывает, что система успешно предотвращает опасные деформации за счет своевременного принятия превентивных мер.

Перспективные материалы и технологии. Анализ литературы показывает, что существует три перспективных пути создания новых материалов для вечной мерзлоты:

1. **«Адаптивные» материалы.** Материал, который «подстраивается» под температуру: на холоде становится жестче, а при потеплении – более гибким. Это позволяет всей конструкции оптимально реагировать на сезонные изменения.
2. **«Самозалечивающиеся» материалы.** Эти материалы умеют «заживлять» небольшие повреждения и трещины самостоятельно. В их структуру встроены микрокапсулы со специальным составом или используются сплавы с памятью формы, что значительно увеличивает срок службы конструкций.
3. **«Водоотталкивающие» материалы.** Для вечной мерзлоты критически важно контролировать влагу. Эти материалы создают надежный барьер, предотвращая проникновение воды в основание дороги в период летнего таяния.

Расчеты показывают, что если объединить все три свойства в одном материале, его эффективность возрастет на 25-30 % по сравнению с обычными решениями, однако создание такого «материала будущего» потребует дополнительных усилий в области химии полимеров и производственных технологий [6, 7].

Заключение. Результатом применения геосинтетических материалов для усиления земляного полотна на участках вечной мерзлоты станет надежная и долговечная транспортная инфраструктура для Северного широтного хода и всей Арктики, которая при этом окажется экономически выгодной на всем сроке своей службы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Заболотских В. В., Мерзляков В. П. Опыт применения геосинтетических материалов для стабилизации железнодорожного земляного полотна в условиях Крайнего Севера // Транспортное строительство. 2018. № 5. С. 34–38.
- 2 Конюшков А. В. Геотехнические проблемы строительства на вечномерзлых грунтах и современные пути их решения // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2020. № 3. С. 12–17.
- 3 Smith J., Fortier R. Adaptive Geosynthetics for Permafrost Regions: Canadian Case Studies // Proceedings of the 10th International Conference on Permafrost. 2016. Vol. 1. P. 845–852.
- 4 Andersland O. B., Ladanyi B. Frozen Ground Engineering. 2nd ed. John Wiley & Sons, 2004. 384 p.
- 5 Johansson F., et al. Full-scale testing of geosynthetics reinforced road embankment on thaw-unstable permafrost // Cold Regions Science and Technology. 2019. Vol. 161. P. 51–62.
- 6 СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. М.: Госстрой России, 2001. 52 с.
- 7 ГОСТ Р 55028-2012. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2013. 25 с.

УДК 528.48

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Е. В. Козин

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Введение. Одним из ключевых этапов строительства высокоскоростных железных дорог является геодезическая подготовка. Традиционные классические методы геодезии, включающие использование современных тахеометров и различных спутниковых систем, требуют значительных временных и финансовых затрат. БВС позволяют ускорить этот процесс, выполняя высокоточную аэросъёмку для создания цифровых моделей рельефа местности, построение трехмерных карт с точностью до нескольких сантиметров, контроль соответствия выполненных работ проектной документации.

Благодаря применению лидарных систем на БВС можно детально сканировать рельеф даже под густой растительностью, что особенно важно при прокладке новых железнодорожных магистралей. Лидарные системы повышают безопасность и эффективность строительства железных дорог благодаря высокой точности, возможности создания детальных 3D-моделей, быстрому сбору данных, работе в сложных условиях (туман, пыль) и устойчивости к помехам. Они позволяют проводить точное 3D-картографирование, мониторинг состояния пути, обнаружение препятствий и деформаций, а также интегрироваться с другими системами для более комплексного анализа и контроля.

К преимуществам лидарных систем в строительстве железных дорог следует отнести:

1. Высокая точность и детализация:

Лидары создают высокоточные трехмерные модели окружающей среды и объектов, что позволяет детально изучать местность и инфраструктуру.

2. Быстрота сбора данных:

Системы позволяют быстро сканировать большие площади, собирая плотные облака точек данных.

3. Работа в сложных условиях:

Лазерные системы могут работать в любое время суток и проникать сквозь туман и пыль, что делает их эффективными в суровых условиях эксплуатации, например, при строительстве в горах или лесах.

4. Мобильность:

Мобильные лидарные системы могут устанавливаться на поездах, что позволяет сканировать состояние железных дорог и инфраструктуры непосредственно во время движения, обеспечивая сбор данных в движении.

5. Обнаружение препятствий и деформаций:

Лидары способны обнаруживать посторонние предметы на пути, а также фиксировать деформации туннелей и другие аномалии, что критически важно для безопасности.

6. Устойчивость к помехам:

Лидарные системы обладают сильной защитой от помех, а также устойчивы к воздействиям солнечных лучей, что обеспечивает стабильную работу.

7. Интеграция с другими системами:

Лидарные данные могут легко интегрироваться с другими источниками данных, такими как ГИС-системы и видеокамеры, для более полного анализа и контроля.

В дальнейшем данные с БВС интегрируются в программное обеспечение для геодезической обработки, что позволяет строить точные цифровые модели местности и выявлять отклонения от требуемых проектных параметров [1, 2].

БВС позволяют оперативно отслеживать ход строительства, фиксировать нарушения технологий укладки железнодорожного полотна или других этапов дорожных работ. С помощью тепловизоров можно выявлять дефекты укладки железнодорожного полотна [3]. Своевременное обнаружение таких дефектов снижает вероятность раннего разрушения железнодорожного покрытия и продлевает срок его эксплуатации при высокоскоростном движении в дальнейшем.

БВС помогают отслеживать перемещение техники и материалов в строительстве железных дорог, сокращая время на принятие решений по логистике. Это позволяет более эффективно распределять рабочую силу и технику, снижать простои из-за несогласованности действий, контролировать соблюдение техники безопасности на объекте. Автоматический анализ данных, собранных БВС, помогает выявлять потенциально опасные участки и предотвращать аварийные ситуации.

Между тем, стоит отметить, что строительство высокоскоростных железных дорог может оказывать значительное воздействие на окружающую среду. БВС позволяют проводить мониторинг состояния водоёмов, растительности, а также уровня запылённости воздуха [4, 5]. С их помощью можно:

- выявлять несанкционированные свалки строительных отходов,
- контролировать эрозию почвы в зонах строительства,
- оценивать уровень воздействия работ на экосистему.

Эти данные помогают строительным компаниям соблюдать экологические нормы и снижать штрафные санкции за нарушение природоохранного законодательства Российской Федерации.

После завершения строительных работ железнодорожное полотно дороги требует регулярного систематического осмотра и ремонта. БВС позволяют быстро проводить диагностику полотна и выявлять трещины и выбоины, деформацию полотна, износ материала, барьерных ограждений.

Благодаря применению БВС можно своевременно принимать меры по ремонту полотна дорог, предотвращая его дальнейшее разрушение.

Экономическая целесообразность применения БВС при железнодорожном строительстве заключается в оценивании полученного эффекта с затратами (например, снижение затрат на логистику, повышение производительности), а организационная – через улучшение скорости принятия решений, оптимизации логистических цепочек, автоматизации процессов и снижения рисков.

Экономическая эффективность определяется путем расчета соотношения между полученным экономическим эффектом (доходами, экономией) и затратами на внедрение и эксплуатацию БВС.

Использование БВС для доставки, мониторинга может значительно сократить расходы по сравнению с традиционными классическими методами, например, за счет исключения необходимости использования наземной или водной техники.

БВС могут выполнять задачи быстрее и чаще, чем люди, что приводит к увеличению объемов выполненных работ за единицу времени. Рост производительности и снижение операционных расходов напрямую влияют на увеличение прибыльности предприятия. БВС позволяют более эффективно использовать имеющиеся ресурсы, например, за счет точного мониторинга состояния железнодорожной инфраструктуры. Организационная эффективность связана с улучшением внутренних процессов и структуры строительной компании благодаря интеграции БВС. Быстрый сбор и анализ данных с помощью БВС позволяют оперативно принимать управленческие решения. Использование БВС для быстрой доставки или мониторинга грузов может значительно сократить сроки и повысить надежность логистических цепочек.

БВС берут на себя монотонные и трудоемкие задачи, например, обследование территорий, что освобождает персонал для более важных операций. Применение БВС для работ в опасных или труднодоступных местах снижает риски для человеческого здоровья и жизни, а также уменьшает вероятность травматизма на производстве. БВС, оснащенные различными датчиками, предоставляют точные и актуальные данные для анализа, что способствует повышению качества принимаемых решений.

Заключение

Таким образом, применение беспилотных воздушных судов в строительстве высокоскоростных железных дорог открывает новые возможности для повышения эффективности и качества геодезических работ. Современные технологии позволяют не только контролировать строительство и ремонт дорог, но и оптимизировать логистику, минимизировать экологический ущерб и улучшить безопасность на объектах. Внедрение БВС в геодезические работы позволяет получать точные данные для планирования и контроля строительства, снижая риск проектных погрешностей.

Основными преимуществами применения БВС в высокоскоростном железнодорожном строительстве являются:

1. Снижение затрат. БВС заменяют дорогостоящие традиционные методы мониторинга, такие как вертолётная (аэро) съёмка или обычный осмотр.
2. Высокая точность данных. Современные БВС оснащены лидарными и тепловизионными датчиками, что позволяет получать детализированные 3D-модели и анализировать состояние дорожных объектов.
3. Оперативность. БВС могут в короткие сроки обследовать большие участки территорий, предоставляя актуальные данные для принятия решений.
4. Безопасность. Использование БВС снижает необходимость отправки персонала в опасные зоны, например, на участки с интенсивным движением транспорта.
5. Экологичность. БВС помогают минимизировать вредное воздействие строительства на окружающую среду.

В дальнейшем развитие искусственного интеллекта и автоматизированной обработки данных позволит еще больше расширить функциональные возможности БВС, делая железнодорожное строительство более технологичным и устойчивым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лобанов А. Н. Фотограмметрия. М.: Недра, 1984.
- 2 Соловьев А. Н. Основы геодезии и топографии. Учебник. М.: Лань, 2020. 240 с.
- 3 Авакян В. В. Прикладная геодезия. Технологии инженерно-геодезических работ. Учебник. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 616 с.
- 4 Трунин А. П., Финаревский И. И., Чистяков С. В. Фототеодолитная съёмка в крупных масштабах. М.: Недра, 1970.
- 5 Руководство по наблюдениям за осадками и смещениями инженерных сооружений фотограмметрическими методами, ГУГК. М.: Недра, 1979.

УДК 338.47

ПРОЕКТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ «КУРАГИНО-КЫЗЫЛ-УРУМЧИ»

У. Р. Лункина, М. В. Пятаев

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. Одной из главных задач регионального развития Российской Федерации является развитие логистической инфраструктуры железнодорожного транспорта [1: 1]. В современном мире, где Восток активно формирует тренды и тенденции развития общества, направления Монголии и Китая для России являются приоритетом [2: 1]. Транспортно-инфраструктурные проекты поспособствуют в поддержании торговых отношений между данными странами. Ученые выдвигают гипотезы о том, что взаимоотношения России и Китая активно влияют на то, чтобы Монголия вышла на контакт для создания и развития транспортных коридоров.

Цель – изучить перспективность проекта по продлению железнодорожной линии «Курагино-Кызыл» до города Урумчи в Китае.

Задачи:

1. Проанализировать текущую информацию об участке «Курагино-Кызыл».
2. Рассмотреть стратегическое значение данного проекта.
3. Оценить социально-экономические перспективы от данного проекта.

1. Участок «Курагино-Кызыл». Разработка проекта участка «Курагино-Кызыл» Красноярской железной дороги началась в 2000 году. Проблема заключалась в том, что запасы угля республики Тыва не реализовывались, ведь там не было подходящей железнодорожной инфраструктуры. Строительство данного проекта внесено в государственную программу РФ «Развитие транспортной системы». По проекту участок железной дороги составит 410 км, 120 км из них будут проходить через Тыву. Он проходит по Кургинскому, Каратузскому и Ермаковскому районам Красноярского края и по территории Кызыльского и Пий-Хемского кожунов [3: 2]. На рисунке 1 демонстрируется карта железной дороги Курагино-Кызыл.



Рис. 1. Карта проекта железной дороги Курагино-Кызыл и месторождения каменного угля

Строительство участка с продлением до Китая в 2018 году было оценено в 190-200 млрд рублей. На данный момент строительство «заморожено», в связи с нехваткой финансов. Сейчас активно идет поиск инвесторов для финансирования хотя бы подготовки технико-экономического обоснования проекта [4]. Эксперты считают, что реализация проекта частными инвесторами очень сомнительна, ведь период окупаемости составит более 40 лет, а также заявленная стоимость является спорной [1: 2].

Подобные крупные инфраструктурные проекты способствуют социально-экономическому развитию регионов. Например, для нашего участка это [1: 2]:

1. Создание условий для добычи угля в Таятском, Табратском и Хабалыкском месторождениях, которые приведут к созданию новых рабочих мест.
2. Развитие туризма на территории природного парка «Ергаки», что приведет к увеличению финансов в бюджете прилегающих территорий Красноярского края и Республики Тыва.

2. Стратегическое и геополитическое значение. Строительство железной дороги через республику Тыва и Монголию в Китай представляет собой сложную, но интересную проблему с экономической и с геополитической точки зрения [5]. Карта-схема приведена на рисунке 2.

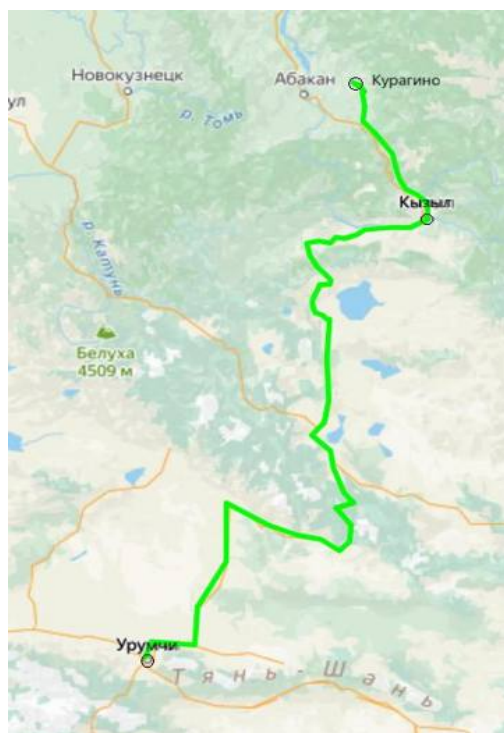


Рис. 2. Карта проекта железной дороги Курагино-Кызыл-Урумчи

Когда данная проблема будет решена, она поможет открыть новые возможности для торговых и экономических отношений, включая импорт и экспорт товаров в другие трансграничные страны Центральной Азии, а не только в Монголию и Китай. Следует заметить, что наиболее интересным будет вариант вывоза из Тывы минеральных продуктов (каменный уголь, золото и др.) [6; 7]. Также появятся большие возможности для развития горнодобывающей промышленности в южных областях Красноярска, Хакасии и Алтая, так как там находятся значительные месторождения полезных ископаемых, которые требуют дополнительных геологических исследований.

В статье Дабиева Д. Ф. представлен анализ экономической эффективности данного проекта на 2016 год. Далее, мы рассмотрим его подробно.

В основе расчетов лежат строгие методологические допущения: чистый дисконтированный доход (NPV), срок окупаемости, внутренняя норма доходности (IRR), индекс доходности. Ставка дисконтирования принята как 15 %, что показывает высокий учет рисков проекта. Горизонт расчета – 25 лет. Также учтены стандартные платежи по налоговому кодексу. Основным продуктом является каменный уголь (2,3 млн тонн в год на проектную мощность). Цена угля составила 4760 руб./тонна.

Общая сумма капитальных вложений оценивается в 131,4 млрд руб.:

- железная дорога – 42,5 млрд руб.;
- горно-обогатительные комбинаты (Улуг-Хемский бассейн) – 88,9 млрд руб.

Расчеты были проведены для двух вариантов. Первый – полностью частное финансирование, второй – государственно-частное партнерство. Первый вариант убыточен для частного инвестора, так как чистый дисконтированный доход меньше нуля. Индекс доходности $0,65 < 1$, что подтверждает убыточность, IRR – 9,6 % (меньше ставки дисконтирования – 15 %). Можно сделать вывод, что без государственной поддержки проект коммерчески несостоятелен.

Второй вариант гласит о том, что 50 % стоимости дороги покрывается из бюджетов различных уровней. NPV составил 9,2 млн руб. это означает, что проект становится прибыльным. Простой срок окупаемости составил 9,66 лет. Дисконтированный срок окупаемости составил 21,45 года, что указывает на чувствительность к ставке дисконтирования и рискам. IRR составил 15,6 %, что немного превышает ставку дисконтирования. NPV консолидированного бюджета составил 92 981,9 млрд руб.

Ежегодные налоговые поступления:

- в федеральный бюджет – 359,9 млн руб.;
- в бюджет Республики Тыва – 600,5 млн руб. (в 4,6 раза выше собственных доходов бюджета 2013 г.).

По данным расчетам можем сделать вывод, что данная железная дорога является классическим примером инфраструктурного проекта с высокой общественной эффективностью, но для

коммерческих целей с низкой эффективностью, ведь без государственного участия проект сложно реализовать. Инвестор не возьмет на себя такие риски при отрицательном доходе. Экономический анализ показывает, что проект целесообразен прежде всего с точки зрения стратегических государственных интересов, а его реализация возможна только при тесном государственно-частном партнерстве.

Заключение. Проект железнодорожной линии «Курагино-Кызыл-Урумчи» представляет собой классический пример инфраструктурного проекта, обладающего высокой общественной значимостью [8]. Однако, в текущих экономических условиях и при отсутствии государственной поддержки, реализация проекта в коммерческом формате имеет маленькую вероятность из-за низкой эффективности и высоких рисков для частного инвестора. Экономический анализ указывает на целесообразность реализации данного проекта с учетом стратегических государственных интересов, что возможно лишь в формате тесного государственно-частного партнерства. В этом случае строительство железной дороги не только способствует освоению месторождений и развитию туризма в регионе, но и открывает новые возможности для торгово-экономических отношений с Китаем и другими странами Центральной Азии, что делает его важным геополитическим и экономическим звеном в развитии трансконтинентальных транспортных коридоров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Shvalov, P. G. The actuality of the budgetary financing of the construction of the railway «Kuragino - Kyzyl» Railroad / P. G. Shvalov // Инновационные тенденции развития российской науки : Материалы XII Международной научно-практической конференции молодых ученых, Красноярск, 08–09 апреля 2019 года. Vol. Часть II. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2019. P. 304-306. EDN CFQSMI.
- 2 Ператинская Д. А., Харланов А. С., Бобошко А. А. Трехстороннее сотрудничество «китай-монголия-россия»: развитие транспортного коридора // Инновации и инвестиции. 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/trehstoronnee-sotrudnichestvo-kitay-mongoliya-rossiya-razvitie-transportnogo-koridora> (дата обращения: 10.10.2025).
- 3 Моисеенко, Д. Р. Определение норм масс грузовых поездов на участке Курагино - Кызыл Красноярской железной дороги / Д. Р. Моисеенко // Молодежная наука : Труды XXVII Всероссийской студенческой научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС, Красноярск, 20 апреля 2023 года / Редколлегия: В.А. Поморцев (отв. ред.) [и др.]. Том 2. Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения», 2023. С. 204-208. EDN AIZYFB.
- 4 Бизнес ждут на рельсах // Сайт Коммерсант. <https://www.kommersant.ru/doc/7956892>
- 5 Дабиев, Д. Ф. Экономическая оценка проекта строительства международной железной дороги Кызыл-Урумчи / Д. Ф. Дабиев // Фундаментальные исследования. 2016. № 8-2. С. 320-326. EDN WHNGPV.
- 6 Siberian Railway Projects and the Transport Problem of the Republics of Tyva and Altai: Systems Analysis of Possible Solutions / G. F. Balakina, E. B. Kibalov, M. V. Pyataev, D. D. Shibikin // Regional Research of Russia. 2025. Vol. 15, No. 1. P. 107-115. DOI 10.1134/S2079970525600052. EDN YVSFOI.
- 7 Железнодорожные проекты Сибири и транспортная проблема Республики Тыва: системный анализ возможных решений / Г. Ф. Балакина, Е. Б. Кибалов, М. В. Пятаев, Д. Д. Шибикин // Регион: Экономика и Социология. 2024. № 3(123). С. 179-201. DOI 10.15372/REG20240308. EDN ASGPWY.
- 8 Балакина, Г. Ф. Проблема оценки расширенных вариантов крупномасштабного железнодорожного проекта Кызыл - Курагино / Г. Ф. Балакина, Е. Б. Кибалов, М. В. Пятаев // Россия: тенденции и перспективы развития : Ежегодник. Материалы XXI Национальной научной конференции с международным участием, Москва, 16–17 декабря 2021 года / Отв. редактор В.И. Герасимов. Том Выпуск 17. Часть 1. Москва: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2022. С. 1068-1073. EDN UNJNBO.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

А. А. Лысенко, М. Н. Нагибина, С. В. Болдин

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Перед железнодорожной отраслью ставятся амбициозные задачи: совершенствование энергоэффективности, снижение воздействия на окружающую среду, интеграция цифровых технологий, а также обеспечение высокого уровня безопасности и комфорта пассажиров. Рассмотрим современные тенденции, вызовы и перспективы развития железной дороги как важнейшего элемента устойчивого и интеллектуального транспорта будущего.

Основная часть. Вопрос устойчивого развития, охватывающий экономические, экологические и социальные аспекты, стал ключевым в планировании и реализации крупных инфраструктурных проектов. Железнодорожный транспорт выделяется среди других видов своей высокой энергоэффективностью и минимальным углеродным следом в расчёте на одного пассажира или одну тонну груза. Электрификация путей, использование современных энергоэффективных локомотивов, развитие скоростных железнодорожных магистралей и транспортных хабов – всё это снижает зависимость от ископаемого топлива и способствует уменьшению выбросов парниковых газов.

Несмотря на высокую первоначальную стоимость строительства железнодорожных путей и станций, многолетняя эксплуатация с минимальными издержками обслуживания доказывает выгоду инвестиций в этот вид транспорта. Перспективой становится ещё больший вклад железной дороги в достижение целей устойчивого развития, особенно с учётом растущего внимания к «зелёным коридорам» – приоритетным транспортным маршрутам, минимизирующим воздействие на окружающую среду и обеспечивающим интеграцию различных видов устойчивого транспорта.

Одной из главных тенденций XXI века становится цифровизация транспортного комплекса. Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) постепенно внедряются и в железнодорожную отрасль, повышая её адаптивность, безопасность и конкурентоспособность. Современные автоматизированные системы управления движением поездов позволяют повысить пропускную способность линий и оперативно реагировать на внештатные ситуации, снижая риск аварий и задержек.

Развитие систем искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения открывает новые горизонты в прогнозировании технического состояния инфраструктуры и подвижного состава. Предиктивная аналитика на основе «больших данных» позволяет заблаговременно выявлять поломки, планировать ремонты и оптимизировать графики движения. В результате повышается общая эффективность транспортного процесса, а пассажиры получают дополнительную уверенность в безопасности и пунктуальности движения.

Внедрение Интернета вещей (IoT) в железнодорожной сфере даёт возможность круглосуточного мониторинга различных компонентов, начиная с состояния полотна и заканчивая датчиками климата в вагонах. Благодаря этим технологиям оперативно выявляются потенциальные угрозы (обледенение, перегрев, механические повреждения), что способствует предотвращению аварийных ситуаций и снижению эксплуатационных затрат.

Современные мегаполисы сталкиваются с проблемами перегруженности автодорог, загрязнения воздуха и шума. Здесь железнодорожный транспорт выступает в качестве эффективного решения для внутригородских и пригородных перевозок. Развитие городских и региональных экспрессов (ключевые примеры – сети пригородных электричек, скоростные трамваи/легкорельсовый транспорт, метрополитен) способствует сокращению времени в пути, снижению нагрузки на дороги и улучшению экологической ситуации [1: 137].

Создание транспортных узлов (хабов), интегрирующих железнодорожные, автобусные, трамвайные и велоинфраструктуры, становится основой для построения мультимодальных перевозок. Это делает передвижение по городу логичным и экономически выгодным для пассажиров, стимулирует отказ от личного автотранспорта и повышает мобильность городского населения [2: 205].

Важна и реконструкция существующих железнодорожных линий. Замена старых рельсов, модернизация станции под современные стандарты доступности и безопасности, внедрение больших навесов и «умных» пассажирских платформ (с автоматизированной системой информирования и навигации) делает железную дорогу привлекательнее для широких групп населения [3: 74].

Разработка и внедрение высокоскоростных пассажирских поездов (HSR – High-Speed Rail) показывают значительный прогресс в мире. Примеры Японии, Китая, стран Европы подтверждают

эффективность скоростных перевозок, которые способны существенно конкурировать с авиалиниями на расстояниях до 1000 километров.

Среди новейших инноваций особое внимание уделяется концепциям магнитолевитационных поездов (Maglev), способных развивать скорость свыше 500 км/ч при минимальном уровне шума и износа инфраструктуры [4: 30]. Подобные проекты реализуются в отдельных государствах и требуют значительных капиталовложений и поддержки на государственном уровне, но перспективы внедрения таких технологий являются предметом пристального внимания всего транспортного сообщества.

Наряду с этим развивается идея автономных поездов, где управление полностью передаётся автоматике и системам ИИ. Уже сейчас существуют пилотные проекты «беспилотного» метро и межрегиональных экспрессов в ряде стран. Помимо эффективности и безопасности, такие системы способны гибко адаптироваться под изменяющиеся потоки пассажиров и быстро реагировать на нештатные ситуации.

Несмотря на значительные успехи, железнодорожная отрасль сталкивается с серьёзными вызовами. Ключевыми из них остаются необходимость привлечения крупных инвестиций для модернизации и развития инфраструктуры, преодоление технологических разрывов между регионами, решение вопросов кадрового обеспечения для обслуживания сложных интеллектуальных систем [5:17]. Также важна гармонизация нормативно-правовой базы, позволяющей реализовать единые стандарты безопасности и совместимости оборудования, особенно в условиях развития международных маршрутов.

Вывод. Железнодорожный транспорт уверенно идёт по пути устойчивого и интеллектуального развития, отвечая на вызовы времени и современные общественные запросы. Сочетание экологичности, энергоэффективности, больших перевозочных возможностей с интеграцией цифровых и инновационных решений делает железную дорогу одним из «локомотивов» будущего транспорта. При правильной организации инвестиционной, нормативной и образовательной поддержки она способна стать главным звеном в формировании устойчивых, безопасных и интеллектуальных транспортных систем XXI века, интегрированных как в городскую среду, так и в межрегиональную и международную логистику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Рыкова И. Н., Алаев А. А. Перспективы развития высокоскоростного железнодорожного сообщения в России на основе анализа зарубежного опыта. Вестник СОГУ. 2021. № 1. С. 136–145
- 2 Цветков В. Я., Розенберг И. Н. Интеллектуальные транспортные системы // LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany, 2012. 297 с.
- 3 Дзюба Ю. Г. Открытые инновации на железнодорожном транспорте // Наука и технологии железных дорог. 2017. № 3. С. 72-85.
- 4 Лапидус Б. М. Магнитная левитация – фундаментальная основа для сверхскоростных вакуумно-левитационных транспортных технологий // Транспортные системы и технологии. 2018. Т. 4. № 3. С. 26-35.
- 5 Лапидус Б. М., Мачерет Д. А. Методология оценки и обеспечения эффективности инновационных транспортных систем // Экономика железных дорог. 2016. № 7. С. 16-25.

УДК 625

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УКРЕПЛЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В ПУСТЫННЫХ УСЛОВИЯХ

Д. Н. Михадаров, Р. Д. Сорочкин, С. В. Болдин

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Развитие технологий строительства и эксплуатации железнодорожного земляного полотна в пустынных условиях обусловлена комплексом геополитических и технологических факторов. Необходимость создания надёжных, долговечных и экономически эффективных железнодорожных магистралей в пустынных условиях является стратегически важной задачей, так как отсутствие прогресса в этой области будет сдерживать экономическое развитие целых регионов.

На основе выявленных проблем и актуальности разработать эффективные и надёжные конструкции железнодорожных насыпей для пустынных условий, обеспечивающих безопасность, долговечность, где основными проблемами являются подвижные пески, ветровая эрозия, дефицит воды, экстремальные температуры.

Основная часть. В условиях аридных и полуаридных регионов, где климатические особенности и геоморфология существенно влияют на инженерные сооружения, геотехнические задачи становятся особенно важными. Ключевыми геотехническими проблемами становятся дрейфующий песок, колебания температуры, ветровая эрозия, солончаковые почвы.

Дрейфующий песок представляет собой серьёзное геотехническое препятствие. Под воздействием ветровых потоков песчинки перемещаются со скоростями от 1 до 25 метров в год, образуя песчаные гряды высотой до 2-4 метров. Этот процесс, известный как эоловая миграция, создаёт угрозу устойчивости. В условиях отсутствия эффективных защитных мер песчаные гряды могут существенно изменять рельеф местности.

Резкие перепады температуры, характерные для аридных регионов, представляют собой серьёзный фактор риска. Суточные колебания температуры от -10°C до $+60^{\circ}\text{C}$ приводят к значительным термическим напряжениям в рельсах, бетонных конструкциях. Эти напряжения могут вызвать деформацию, растрескивание и, в конечном итоге, разрушение элементов инфраструктуры.

При скорости ветра более 15 м/с мелкие песчаные частицы поднимаются в воздух и воздействуют на поверхность, вызывая её разрушение и эрозию. Это может привести к деградации верхнего слоя, снижению несущей способности основания.

Солончаки и сабхи теряют свою несущую способность при увлажнении, что вызывает неравномерные осадки, деформации и разрушения. Для предотвращения данной проблемы производится мониторинг грунтов и применяются различные методы укрепления оснований.

Для эффективной защиты земляного полотна от негативного воздействия песчаных заносов и выветривания в районах с подвижными песками необходимо разработать комплексную стратегию, включающую следующие ключевые элементы:

- оптимизация маршрута трассы с целью минимизации риска заноса. Это предполагает максимальное использование участков рельефа, устойчивых к эрозии;
- создание условий для естественного переноса песчаных масс через железнодорожное полотно. Это включает оптимизацию поперечного профиля земляного полотна и увеличение вентиляционных отверстий в шпальных ящиках для беспрепятственного прохождения ветропесчаного потока;
- полное закрепление земляного полотна на участках, где железная дорога пересекает подвижные формы рельефа или приближается к ним. Для этого используются механические методы защиты, такие как геотекстильные материалы, а также фитомелиорационные мероприятия для стабилизации грунта;
- создание охранной зоны в пределах 200 метров от железной дороги для защиты естественной и искусственно высаженной растительности. В этой зоне должен быть установлен регламентированный режим использования и меры по сохранению биоразнообразия.

Земляное полотно закрепляют геосинтетическими материалами благодаря своей эффективности в укреплении, фильтрации, гидроизоляции и защите грунтов и конструкций. Геотекстильные материалы укладывают на подготовленное основание перед устройством балластного слоя и выполняют функции:

- сепарации – предотвращение смешивания различных слоёв грунта и строительных материалов, например, песка и щебня;
- армирование – равномерное распределение нагрузок от внешних воздействий, что повышает устойчивость конструкции;
- фильтрация – обеспечение пропускания воды и защиты от проникновения мелких частиц грунта, предотвращая заиливание и деградацию балластных слоёв.

Георешётки, или геосетки, используются для армирования, создавая композитный материал с высокой прочностью на растяжение и изгиб [1: 9]. Их ячейки заземляют частицы грунта, обеспечивая укрепление откосов земляного полотна, предотвращая сползание и эрозии.

Геоячейки, или геосоты, представляют собой инновационные материалы для объёмного армирования. Заполненные щебнем или цементогрунтом, они образуют прочный “матрац”, укрепляя слабые основания. Преимущества к высокой устойчивости к ветровой эрозии и сохранение эксплуатационных характеристик на протяжении длительного времени.

Биотехнические методы минимизируют негативное воздействие ветровой и водной эрозии. Один из эффективных подходов – это высадка растений – псаммофитов, к ним относятся, например, саксаул, джугуна, астрагала, тамариск, полынь, корневая система которых укрепляет пески и предотвращает их эрозию.

В современном строительстве применяются комплексные и инновационные решения, так как например, используются стеклянные и базальтовые композиты вместо стальной арматуры, что

повышает устойчивость к коррозии в засоленных условиях [2: 102]. Кроме того, внедряются системы мониторинга с датчиками деформации, влажности и температуры, устанавливаемыми в земляное полотно. Эти системы позволяют проводить анализ поведения конструкции, что способствует своевременному планированию превентивных мероприятий и повышению надёжности.

Вывод. Современные подходы к укреплению земляного полотна в условиях пустынных территорий характеризуются отходом от универсальных решений в пользу комплексного, многоуровневого подхода, основанного на принципах механики грунтов и геосинтетических технологий. Ключевым аспектом является применение геосинтетических материалов, таких как геотекстиль и георешётки, которые обеспечивают эффективное разделение конструктивных слоёв, перераспределение нагрузок и предотвращение эрозионных процессов, что существенно повышает эксплуатационную долговечность.

Эффективность данного подхода определяется не только индивидуальным применением геосинтетических компонентов, но и их комплексным сочетанием [3: 11]. Традиционное уплотнение песчаных оснований недостаточно для обеспечения требуемой устойчивости и долговечности, так как необходимо:

- 1) стабилизация песчаного основания с использованием полимерных связующих или цемента для формирования устойчивой корки;
- 2) изоляция песчаного слоя от воздействия балластного давления с применением геотекстильных материалов для сохранения дренажных характеристик;
- 3) защита откосов с использованием георешёток, обеспечивающих устойчивость к ветровым и водным нагрузкам;
- 4) управление ветровыми потоками с помощью экранов и растительности для предотвращения заносов.

Успешное проектирование и эксплуатация железнодорожных путей в аридных и полуаридных регионах требуют интеграции традиционных методов уплотнения с передовыми геосинтетическими и полимерными технологиями, а также применения биотехнических решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьев В. П., Потапов А. Д. “Инженерная геология”/ В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. Москва: Высшая школа, 2005. 577 с.
2. Вейсов С. К., Хамраев Г. О. Влияние инженерно-геоморфологических условий на строительство железных дорог в пустыне Каракум и разработка эффективных методов их защиты от песчаных заносов // cyberleninka.ru. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-inzhenerno-geomorfologicheskikh-usloviy-na-stroitelstvo-zheleznih-dorog-v-pustyne-karakum-i-razrabotka-effektivnyh-metodov/viewer>. Дата публикации: 2020.
3. Фазилова З. Т. Использование геосинтетических материалов при строительстве и эксплуатации железных дорог в песчаных пустынях / elibrary.ru. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26525840>. Дата публикации: 2016.

УДК 625.1, 625.112, 625.14

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УШИРЕНИЯ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ И РАДИУСА КРИВОГО УЧАСТКА ПУТИ НА ВЕЛИЧИНУ БОКОВЫХ СИЛ

А. С. Нечушкин, К. М. Пестов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Ширина железнодорожной колеи – это расстояние между внутренними рабочими гранями двух параллельно расположенных рельсов, образующих путь для движения подвижного состава. Данный параметр имеет фундаментальное значение для функционирования железных дорог, поскольку определяет базовые условия взаимодействия подвижного состава с железнодорожным путём.

Ширина железнодорожной колеи является одним из ключевых параметров железнодорожной инфраструктуры, от которого напрямую зависят: безопасность движения поездов, пропускная способность сети, экономическая эффективность перевозок, а также эксплуатационные расходы на содержание пути. Последний показатель служит основой для проектирования и строительства железнодорожных линий, выбора типов подвижного состава и разработки регламентов технического обслуживания.

Колея выполняет важнейшие функции в организации движения. Её геометрические характеристики должны строго соответствовать установленным стандартам, чтобы гарантировать надёжное взаимодействие всех элементов системы «колесо-рельс».

Оптимальная ширина рельсовой колеи обеспечивает комплекс критически важных эксплуатационных характеристик:

1. Устойчивость подвижного состава на прямых и кривых участках пути, что особенно значимо при движении на высоких скоростях и в сложных топографических условиях.
2. Равномерное распределение нагрузки на рельсы и шпалы, позволяющее минимизировать локальные напряжения и продлить срок службы элементов верхнего строения пути.
3. Минимизацию бокового износа рельсов и гребней колёс, что снижает эксплуатационные затраты на замену и ремонт элементов железнодорожного пути и подвижного состава.
4. Оптимальные условия взаимодействия колёс с рельсами, способствующие снижению сопротивления движению.

При несоответствии ширины колеи установленным стандартам или её отклонении от нормативных значений (*вследствие естественного износа, деформаций, температурных изменений или некачественного ремонта*) возникают серьёзные риски безопасности движения. К наиболее опасным последствиям относятся: сход колёс с рельсов, заклинивание колёсных пар, повышенный износ пути при движении тяжеловесных составов, а также увеличение динамических нагрузок на подвижной состав и инфраструктуру. Такие нарушения могут привести не только к экономическим потерям из-за простоя и ремонта, но и к угрозе безопасности движения, что делает контроль параметров рельсовой колеи одной из приоритетных задач железнодорожного транспорта.

Цель исследования

Цель настоящего исследования – проанализировать влияние уширения железнодорожной колеи в кривых участках пути на параметр «Боковая сила», действующую на рельсошпальную решётку и подвижной состав при движении в кривых участках пути с сочетанием отступлений и неисправностей геометрии рельсовой колеи по параметру «Уширение».

В кривых участках пути на подвижной состав и инфраструктуру действуют дополнительные нагрузки (*в первую очередь – центробежная сила*), которые усиливают боковое давление колёс на рельсы, повышают износ элементов пути и колёсных пар и увеличивают риск схода с рельсов при критических нагрузках.

Боковые силы в системе «колесо-рельс» возникают из-за нескольких физических явлений, связанных с движением подвижного состава, особенно в кривых участках пути. Рассмотрим основные из них:

Центробежная сила – возникает при движении по кривому участку железнодорожного пути и направлена от центра поворота. Она действует на весь подвижной состав и стремится сместить его к наружной рельсовой нити [3]. Величина этой силы прямо пропорциональна квадрату скорости движения и обратно пропорциональна радиусу кривой, что делает её особенно значимой на участках с малым радиусом кривого участка пути. Определяется по формуле:

$$F_{\text{ц}} = \frac{mv^2}{R}. \quad (1)$$

Рамные силы – это поперечные силы взаимодействия между колёсной парой и рамой тележки подвижного состава. Они возникают из-за извилистого движения колёсных пар, конусности колёс и реакции рамы тележки на поворот.

Силы трения между гребнем колеса и головкой рельса – возникают при контакте гребня колеса с боковой поверхностью головки рельса, особенно в кривых участках.

В соответствии с *ГОСТ 34759-2021 «Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на железнодорожный путь и методы испытаний»* значение боковой силы в прямых и кривых участках пути должна составлять не более 100 кН. [1]

Результаты исследования

Для решения задачи по определению влияния скорости движения экипажа и радиуса кривой на параметр «Боковая сила» был применен программный комплекс «Универсальный механизм» [2].

Была создана модель пути с различными условиями геометрии рельсовой колеи для движения грузового вагона с тележками модели 18-100:

Радиус кривого участка пути (R) – 350, 600, 900, 1200, 2000 м;

Ширина колеи (S) – 1520, 1530, 1535, 1540, 1548 мм;

Скорость движения экипажа (v) – 50 км/ч

Полученные результаты математического моделирования в ПК «Универсальный механизм» сведены в таблицу.

Таблица

Зависимость боковых сил от радиуса кривого участка пути и ширины рельсовой колеи

Радиус кривого участка пути, м	Скорость, км/ч	Ширина колеи, мм				
		1520	1530	1535	1540	1548
R=350 м	50 км/ч	55	52	49	51	53
R=600 м		42	37	29	29	31
R=900 м		28	21	17	18	18
R=1200 м		20	15	12	11	11
R=2000 м		12	7	7	5	7

Опираясь на полученные результаты в таблице, можно сделать ряд выводов:

1. С увеличением радиуса кривого участка пути, уменьшается значение параметра «Боковая сила».
2. С увеличением ширины рельсовой колеи кривого участка пути, уменьшается значение параметра «Боковая сила».



Рис. Определение предельных значений боковых сил

По результатам расчетов при скорости движения подвижного состава 50 км/ч, на участках с малым радиусом возникают высокие нагрузки на рельсы (~50 кН), что негативно сказывается на эксплуатационный срок рельсов. При этом на графике (см. рис.) наглядно видно, что значение боковой силы не достигает предельных значений в соответствии с **ГОСТ 34759-2021**. [1].

Вывод

В ходе исследования боковых сил при движении грузового вагона в кривых участках пути при уширении рельсовой колеи установлено, что боковая сила – ключевой фактор, определяющий безопасность движения, интенсивность износа элементов пути и подвижного состава, а также экономическую эффективность эксплуатации железных дорог.

Также необходимые дальнейшие исследования, такие как моделирование различных видов подвижного состава, прохождение кривых с превышением допустимой скорости и шириной рельсовой колеи, эксплуатация пути с изношенными элементами (рельсы, крепления и шпалы) [4].

Для верификации полученных результатов математического моделирования параметра «Боковая сила» необходимо провести ряд натурных экспериментальных исследований по методу Шлюмпфа [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 34759-2021 «Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на железнодорожный путь и методы испытаний».
2. Программный комплекс «Универсальный механизм» [Электронный ресурс]. URL: <https://umlab.ru/> (дата обращения: 05.04.2025).
3. Нечушкин, А. С. исследование влияния возвышения наружного рельса на устойчивость вагона против опрокидывания / А. С. Нечушкин, К. М. Пестов // Наука и образование транспорту. 2024. № 2. С. 157-158. EDN LGOSRF.
4. Нечушкин, А. С. Исследование динамики развития отступлений по основным параметрам геометрии рельсовой колеи / А. С. Нечушкин // Транспортное дело России. 2024. № 7. С. 219-222. EDN KKJRXG.

ТРАНСПОРТНЫЙ ПЕРЕХОД НА ОСТРОВ САХАЛИН

А. А. Осипова, М. В. Пятаев

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. Актуальность создания надежного транспортного перехода на остров Сахалин обусловлена стратегической необходимостью интеграции острова в экономику Дальнего Востока, обеспечения его обороноспособности и реализации значительного ресурсно-экономического потенциала. Существующая паромная переправа и морские маршруты не обеспечивают стабильной круглогодичной связи и пропускной способности, адекватной растущим грузопотокам, что сдерживает развитие региона. Проблема исследования заключается в сложности выбора оптимального варианта транспортного перехода (тоннель, мост, комбинированные решения) в условиях многокритериальности задачи, требующей учета капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

Целью статьи является сравнительный анализ альтернативных проектов транспортного перехода на остров Сахалин для определения наиболее эффективного и реализуемого решения, способного обеспечить долгосрочное социально-экономическое и стратегическое развитие региона.

Вопрос организации стабильной круглогодичной транспортной связи с островом Сахалин продолжает оставаться ключевым вызовом для экономического и стратегического развития Дальневосточного региона. Несмотря на длительную историю изысканий, практическая реализация этого проекта до сих пор не завершена, что продолжает сдерживать потенциал территории [4; 5].

Исторические предпосылки современного проекта уходят корнями в дореволюционный период. В конце XIX века инженером Бутковым был предложен новаторский план создания перешейка через пролив Невельского с организацией железнодорожного сообщения. Однако реальные работы начались только в середине XX века при Сталине, санкционировавшем реализацию масштабного проекта. План включал создание железнодорожной магистрали от Комсомольска-на-Амуре до Победино с параллельным сооружением тоннельного перехода под Татарским проливом [3: 2].

Технические параметры проекта впечатляли: общая длина железнодорожной ветки превышала 1000 км, а тоннеля - приближалась к 10 км. Финансовая сторона также была значительной: стоимость одного километра пути оценивалась в 2,5 млн рублей, тогда как тоннельные работы требовали до 200 млн рублей за километр. Реализация возлагалась на структуры МВД, использовавшие труд более 27 тысяч заключенных. Планируемый объем грузоперевозок должен был достигать 4 млн тонн ежегодно, что обеспечивало бы нужды промышленности и укрепляло обороноспособность восточных рубежей. Хотя проект не был реализован полностью, его инфраструктурное наследие сохранилось. На материковой части удалось проложить 120 км железнодорожного полотна, а на островной - создать автомобильную трассу Ныш-Погиби. Прекращение работ после 1953 года было связано с пересмотром экономических приоритетов и недостатком финансирования. В современных условиях рассматриваются три основных сценария развития транспортной системы:

- перевод грузопотоков на морской транспорт;
- модернизация паромного сообщения;
- возведение капитального перехода с реконструкцией железной дороги [2: 1].

Сравнительный анализ инженерных решений демонстрирует преимущества тоннельного варианта перед мостовым. Хотя мостовое сооружение требует меньших капиталовложений, оно создает препятствия для навигации, имеет ограничения по пропускной способности и зависит от метеоусловий. Тоннельная альтернатива гарантирует бесперебойное движение, не влияет на судоходство и обеспечивает лучшие экологические показатели.

Экономическое обоснование подтверждает эффективность тоннельного решения. Протяженность маршрута Черный Мыс - трасса 64Н-1 через тоннель составит 300 км, что при скорости 50 км/ч сократит длительность перевозки с 19 до 6 часов. Оптимизация логистики уменьшит простой подвижного состава и стимулирует развитие туристического кластера [1: 1].

Значение проекта выходит за рамки транспортной инфраструктуры. Его реализация позволит:

- снизить логистические издержки сахалинских производителей;
- освоить ресурсный потенциал периферийных территорий;
- сформировать новые рабочие места;
- усилить оборонный потенциал региона.

Международный аспект предполагает возможность интеграции в трансконтинентальные маршруты с перспективой соединения с японской железнодорожной сетью через пролив Лаперуза. Прогнозируемый грузопоток может достигнуть 30-35 млн тонн, включая российско-японскую торговлю и транзитные перевозки. Несмотря на значительные инвестиционные требования. (5-6 млрд долларов для международного сегмента и 60-70 млрд рублей для реконструкции островной инфраструктуры), проект демонстрирует высокую экономическую целесообразность.

Таким образом, создание постоянного транспортного перехода на Сахалин представляет собой стратегическую инициативу, способную трансформировать экономику Дальнего Востока, усилить интеграционные процессы в АТР и ликвидировать длительную транспортную изоляцию островной территории [6]. Накопленный исторический опыт и современные инженерные решения создают прочную основу для реализации этого амбициозного проекта.

Выводы

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Сравнительный анализ современных вариантов транспортного сообщения выявила безусловные преимущества капитального тоннельного перехода под Татарским проливом перед альтернативами (мостовым решением, развитием паромного сообщения или переводом грузопотока на морские суда). Тоннель, несмотря на высокую первоначальную стоимость, обеспечивает бесперебойность и всепогодность грузоперевозок, не создает препятствий для судоходства и отличается минимальным воздействием на окружающую среду.
2. Экономическое обоснование проекта свидетельствует о его высокой эффективности. Сокращение времени в пути с 19 до 6 часов для грузового транспорта кардинально снизит логистические издержки, уменьшит простой подвижного состава и создаст предпосылки для роста туристического потока. Это напрямую повысит конкурентоспособность сахалинской продукции и инвестиционную привлекательность острова.
3. Реализация проекта имеет комплексный мультипликативный эффект. Помимо решения транспортной проблемы, он позволит освоить ресурсный потенциал слабразвитых территорий, создаст десятки тысяч новых рабочих мест и, согласно оценкам военных экспертов, существенно усилит оборонный потенциал России на Дальнем Востоке.
4. Проект обладает значительным международным значением, открывая перспективу интеграции в трансконтинентальные логистические маршруты и соединения с железнодорожной сетью Японии. Прогнозируемый рост грузопотока до 30-35 млн тонн за счет международной торговли и транзита делает проект экономически целесообразным, несмотря на значительные капиталовложения.

Таким образом, строительство тоннельного перехода на Сахалин является не только инфраструктурной задачей, но и ключевым фактором пространственного развития и геостратегического позиционирования России в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Накопленный исторический опыт и современные технологические возможности создают все предпосылки для успешной реализации этого амбициозного проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Пирон К. М., Дронова Д. С., Шорохова Л. С., Тимкова А. Ю. Разработка технологических мероприятий для повышения провозной способности линии «Ванинохолмск» // Наука, образование и культура. 2024. № 1 (67).
- 2 Гранберг А. Г. Проект создания постоянного железнодорожного сообщения материк – о. Сахалин: региональное, национальное и международное значение. URL: <http://mostsakhalin.ru/publications/2tes.php>
- 3 Юрчак В. А Сахалинский тоннель в истории транспортных сообщений России // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 3 (часть 7) С. 1155-1157.
- 4 Кибалов, Е. Б. Инструментарий оценки крупномасштабных транспортных проектов в ситуации радикальной неопределённости / Е. Б. Кибалов, М. В. Пятаев // Регионалистика. 2022. Т. 9, № 1. С. 48-58. DOI 10.14530/reg.2022.1.48. EDN FPJQWY.
- 5 Кибалов, Е. Б. Крупномасштабные железнодорожные проекты на востоке страны: экспертная оценка / Е. Б. Кибалов, А. А. Кин, М. В. Пятаев // Регион: Экономика и Социология. 2019. № 2(102). С. 207-223. DOI 10.15372/REG20190209. EDN DITOLH.
- 6 Системный анализ ожидаемой эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте / Е. Б. Кибалов, С. В. Минин, В. П. Нехорошков [и др.]. Новосибирск : Сибирский государственный университет путей сообщения, 2007. 156 с. ISBN 5-93461-312-X. EDN RPSDSX.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННОСТИ В РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЯХ

Ю. А. Полагутина, Т. Р. Кадыров

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Бесстыковой путь представляет собой конструкцию верхнего строения железнодорожного пути, состоящую из чередующихся участков со сварными рельсовыми плетями, которые, при изменении температуры, удлиняются или укорачиваются на концевых участках, в то время как по всей остальной протяженности возникают продольные температурные силы. В бесстыковом пути рельсовые плети могут быть короткими, то есть длиной 800 м и менее, а также длинными, которые имеют длину более 800 м, или могут быть равны длине блоку участка, перегона.

Это одна из наиболее популярных конструкций железнодорожного пути в настоящее время. Она имеет ряд преимуществ в сравнении со звеньевой конструкцией: способствует повышению плавности движения, снижению динамического воздействия от подвижного состава на путь и уменьшению износа элементов верхнего строения пути, что ведет к увеличению их срока службы.

С точки зрения эксплуатации, бесстыковой путь позволяет значительно сократить расходы на текущее содержание и ремонт железнодорожного пути на 9-10 % и снизить сопротивление движению подвижного состава. Кроме того, за счет своей конструкции, он позволяет экономить металл из-за сокращения числа стыковых скреплений [1: 4].

Несмотря на значительные преимущества бесстыкового пути, существуют определенные особенности, которые усложняют его текущее содержание и эксплуатацию. К ним относят: отсутствие свободного изменения длины рельсов при изменении температуры, необходимость усиленного надзора, особенно в период критических температур и усложнение технологического процесса укладки.

Одним из наиболее значимых недостатков является подверженность изменению температур, так как это является причиной возникновения продольных сил. Бесстыковой путь укладывается в определенном температурном интервале. Важным показателем считается температура закрепления плети - температура, при которой в плети отсутствует сила, вызываемая изменениями температуры воздуха. Таковой считается средняя из температур, измеренных в начале и в конце работ. При увеличении температуры воздуха рельсовая плеть нагревается, что вызывает равномерное удлинение, так как металл имеет свойство расширяться при нагреве. Следовательно, температура рельса становится выше температуры закрепления и в плети возникают сжимающие напряжения, так как рельсы стремятся вернуться в свое исходное положение. При понижении температуры возникает противоположная ситуация: плеть укорачивается и возникают растягивающие напряжения [2: 305]. При возникновении продольных сил сжатия возникает риск появления выброса пути.

Температурный выброс пути - резкое изменение положения железнодорожного пути в плане из-за самопроизвольной разрядки температурных напряжений, накопившихся в рельсах. Данный процесс возникает вследствие превышения предельно допустимых продольных сжимающих напряжений. Наиболее вероятными местами появления выброса пути являются:

1. Участки, на которых проводились капитальные и иные путевые работы, но где путь не отригтован, балластная призма не оправлена, противоугоны не расположены на своих местах и имеются перекосы, просадки, углы в плане.
2. Места зарядки и разрядки путевых машин.
3. Дышащие концы рельсовых плетей длиной около 100–200 м.
4. Участки, где шпальные ящики не засыпаны балластом.
5. Места с недостаточной шириной плеча балластной призмы.
6. Звеньевые участки пути при наличии трех и более слитых стыковых зазоров.

В настоящее время контроль за температурой рельса осуществляется на дорожных метеостанциях, на температурных постах дистанций пути и непосредственно в местах производства работ [3: 52]. Данный процесс контроля температуры не является автономным и достаточно удобным.

Для решения проблемы предотвращения температурных выбросов пути нами предложено решение в виде устройства для контроля напряженности в рельсовых плетях, устанавливаемого на шейке рельса при помощи зажима на магнитном креплении. В состав прибора входят: датчика температуры и влажности DHT1, блок микроконтроллера и съемный модуль сбора и передачи информации. Для обеспечения

автономной работы устройство также оснащено элементом питания в виде батареи с солнечной панелью для подзарядки, а для также имеет защиту от пыли и влаги IP65. Модель устройства представлена на рисунке.



Рис. Модель устройства

Принцип работы следующий: с помощью магнитного зажима устройство крепится на шейку рельса и запускается. Датчик фиксирует текущую температуру рельса в месте установки и сигнал передается в микроконтроллер. В памяти прибора задана температура закрепления рельса на данном участке пути. В каждый момент времени с шагом 2 мин определяется перепад температур по формуле (1):

$$\Delta T = T - T_0 \quad (1)$$

где T – температура рельса в текущий момент времени;

T_0 – температура закрепления рельса.

На основе измеренной температуры устройство вычисляет текущее напряжение в плети по формуле (2):

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (2)$$

где α – коэффициент линейного расширения ($0,0000118 \text{ град}^{-1}$)

E – модуль упругости ($21 \cdot 10^4 \text{ МПа}$);

Результат расчета сохраняется на съемный модуль в следующем формате (таблица):

Таблица

Формат вывода результатов измерения

№	Дата	Время	$t_z, ^\circ\text{C}$	$t, ^\circ\text{C}$	$[\sigma]$	σ	Место установки	Примечание
1	30.10.2025	10:15:00	27	28,4	180	3,4692	123 км ПК5	норма
2	30.10.2025	10:17:00	27	28,4	180	3,4692	123 км ПК5	норма
3	30.10.2025	10:19:00	27	28,4	180	3,4692	123 км ПК5	норма
4	30.10.2025	10:21:00	27	28,4	180	3,4692	123 км ПК5	норма
5	30.10.2025	10:23:00	27	28,4	180	3,4692	123 км ПК5	норма
6	30.10.2025	10:25:00	27	28,4	180	3,4692	123 км ПК5	норма
7	30.10.2025	10:27:00	27	28,4	180	3,4692	123 км ПК5	норма
8	30.10.2025	10:29:00	27	28,5	180	3,717	123 км ПК5	норма
9	30.10.2025	10:31:00	27	28,5	180	3,717	123 км ПК5	норма
10	30.10.2025	10:33:00	27	28,5	180	3,717	123 км ПК5	норма
...								
60	30.10.2025	12:15:00	27	35	180	19,824	123 км ПК5	норма
61	30.10.2025	12:17:00	27	35	180	19,824	123 км ПК5	норма
62	30.10.2025	12:19:00	27	35	180	19,824	123 км ПК5	норма
63	30.10.2025	12:21:00	27	35	180	19,824	123 км ПК5	норма
64	30.10.2025	12:23:00	27	35	180	19,824	123 км ПК5	норма
65	30.10.2025	12:25:00	27	35,1	180	20,0718	123 км ПК5	норма
66	30.10.2025	12:27:00	27	35,1	180	20,0718	123 км ПК5	норма
67	30.10.2025	12:29:00	27	35,1	180	20,0718	123 км ПК5	норма
68	30.10.2025	12:31:00	27	35,2	180	20,3196	123 км ПК5	норма
69	30.10.2025	12:33:00	27	35,2	180	20,3196	123 км ПК5	норма
70	30.10.2025	12:35:00	27	35,2	180	20,3196	123 км ПК5	норма

В программной части прибора задано критическое значение напряжения, при превышении которого происходит нарушение условия устойчивости, что приводит к выбросу пути (3):

$$\sigma > [\sigma] \quad (3)$$

Соответственно, когда σ достигает 70-80 % от критического значения напряжения, вероятность выброса возрастает, и устройство сигнализирует об опасности.

Таким образом, предложенное устройство окажет положительный эффект на проблему предотвращения температурных выбросов пути, так как с его помощью становится возможным осуществить автоматизированный мониторинг температуры рельсов и расчет напряженности в плетях. Данная разработка упростит процесс контроля и сократить время на измерения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 «Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути» утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 14.12.2016 N 2544 р.
- 2 Барина, Ю. В. Выброс бесстыкового пути: причины, следствия, предупреждения / Ю. В. Барина, А. И. Седова, И. Г. Хорошайлова // Актуальные проблемы развития транспортного комплекса в условиях цифровой экономики : материалы IV Международной студенческой научно-практической конференции, Нижний Новгород, 09 декабря 2022 года. Нижний Новгород: Б. и., 2022. С. 305-308.
- 3 Аккерман, Г. Л. Инновационные технологии в мониторинге бесстыкового пути / Г. Л. Аккерман, С. Г. Аккерман // Транспорт Урала. 2013. № 4(39). С. 50-55. EDN RSPANH.

УДК 625

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В РАЗНЫХ СТРАНАХ

М. А. Полянский, Н. Э. Амиров

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Железные дороги – это кровеносные системы современной экономики. Они соединяют города, обеспечивая быструю и надежную перевозку пассажиров и грузов. История стальных магистралей началась еще очень давно. За это время они претерпели множество изменений. Сегодня железные дороги продолжают развиваться и совершенствоваться.

Основная часть.

Строительство железной дороги в России – это сложный и ответственный процесс. Россия большая страна, для которой жизненно необходимы быстрые и удобные логистические маршруты. Железные дороги в России – это артерии которые соединяют жизненно необходимые для страны промышленные объекты. Процесс можно разбить на четыре главных этапа: получение заказа, разработка плана, строительство, сдача объекта. Рассмотрим каждый этап по этапам.

1. Получение заказа.

Сначала представитель заказчика обращается в ОАО РЖД с запросом на строительство железнодорожного пути от ближайшей станции до нужного объекта. Затем РЖД передает этот заказ в одно из своих структурных подразделений – путевую машинную станцию (ПМС).

2. Разработка плана.

Руководитель ПМС встречается с заказчиком прямо на месте будущей стройки, чтобы обсудить все детали и пожелания. После осмотра места руководитель дает задание технологическому отделу – составить детальный план строительства. Специалисты выезжают на место, делают замеры, используют дроны для съемки, а также вместе с заказчиком изучают, как лучше всего соединить новый путь со старым. После этого технический отдел составляет расчеты, сколько потребуется материалов для строительства. Затем вся документация с расчетами передается заместителю начальника ПМС по производству. Заместитель, получив указания от начальника ПМС и изучив расчеты, дает задание прорабу на изготовление рельсошпальной решетки (РШР). Параллельно с этим начальник ПМС поручает главному механику проверить подъездные пути для спецтехники, которая будет использоваться на стройке. Также руководство ПМС договаривается с ТЧ (тепловозным депо) о выделении тепловозов на время работ. Проводятся переговоры со смежными службами (ЭЧ – энергохозяйство, ПЧ – путевое хозяйство, ШЧ – сигнализация и связь, ЭСЦБ – электрическая централизация, ДС – станция) о предоставлении технологического окна – времени, когда движение поездов будет ограничено, чтобы можно было спокойно работать.

3. Строительство.

После того, как все вопросы согласованы, ПМС получает точную дату и время для начала работ. В назначенный час начинается строительство. Первым делом на место приезжает кран-укладчик. По мере того, как подготавливается земляное полотно, кран укладывает рельсошпальную решетку до места соединения с путями промышленного объекта. После укладки РШР на путь выходит специальная техника: ХДВ (хоппер-дозаторный вагон), ЭЛБ (электробалластер), ВПО (выправочно-подбивочно-отделочная машина), ВПР (выправочно-подбивочная машина) (рис.1).



Рис. 12. Строительство железной дороги в России

4. Сдача объекта.

Когда все работы закончены, вместе с заказчиком проводится тщательный осмотр уложенного пути на предмет дефектов. Если все в порядке, подписывается акт приема-сдачи железнодорожного пути.

Далее рассмотрим основные этапы строительства в Китае. В Китае строительство железных дорог – это отлаженный процесс, где все этапы стандартизированы и выполняются с высокой скоростью и точностью. Это похоже на работу конвейера, что позволяет строить железные дороги очень быстро. Основные этапы строительства железной дороги в Китае: государственное одобрение, исследования и планирование, фаза строительства, ввод в эксплуатацию и завершение.

1. Государственное одобрение.

Это самый долгий и важный этап. Проект должен быть включен в пятилетний план развития Китая и в общую схему высокоскоростных железных дорог. Это определяет важность проекта для страны. Далее производят технико-экономическое обоснование (ТЭО). Проводится подробный социальный, экономический и инженерный анализы. В процессе экономического анализа оценивается, сколько пассажиров будет пользоваться дорогой, когда она окупится, и как она повлияет на развитие региона. Инженерный анализ изучает местность, геологию, насколько район подвержен землетрясениям, а также экологические риски. Социальный анализ оценивает необходимость переселения людей, влияние на природу. Далее поднимается вопрос о Финансирование. Определяются источники денег для строительства. Обычно ими становятся государственная железнодорожная компания, правительства провинций и городов, государственные банки, иногда частные инвесторы.

Утверждается план организации строительства, в который входят: графики, логистика доставки материалов, размещение техники, получение разрешений, согласование с множеством федеральных, штатных и местных органов власти (Департамент транспорта, Агентство по охране окружающей среды, органы власти округов и городов). Это включает разрешения на пересечение водных ресурсов, работы в зонах обитания редких видов, строительство в исторических местах (Процесс часто включает в себя выкуп имущества, земля выкупается у частных владельцев часто в принудительном порядке для строительных нужд по рыночной цене. Это один из самых болезненных и юридически сложных этапов).

2. Исследования и планирование.

Это самый длительный и критически важный этап, который может занимать годы.

Для большей точности проводится детальное проектирование. Создается точная цифровая модель всей железной дороги. С заранее подготовленным маршрутом с учетом минимальных уклонов и поворотов (особенно важно для скоростных дорог).

Далее создается проект земляного полотна, мостов, тоннелей и станций. Также разрабатываются проекты электроснабжения, сигнализации, связи и управления движением. Подготавливается и рассчитывается территория для проведения работ: убираются деревья, сносятся здания, переносятся коммуникации. В то же время проводятся экологические мероприятия: устанавливаются защитные барьеры, создаются отстойники для воды, принимаются меры по защите животных.

Создается план по организации строительства: Графики, логистика доставки материалов, размещение техники.

Создание временной инфраструктуры важный процесс необходимый для любых работ. Строятся подъездные дороги, временные мосты, лагеря для рабочих, заводы по производству бетона, также проводятся земляные работы, создается прочная и ровная основа для будущего пути. Используется много техники для срезания холмов и засыпки низин. Далее уплотняют грунт, каждый слой грунта тщательно уплотняется катками. Прокладываются дренажные трубы и каналы для отвода воды. Если необходимо строятся мосты и виадуки. Они строятся там, где дорога пересекает реки, дороги или сложный рельеф. Если необходимо прокладываются тоннели. Они пробиваются сквозь горы с помощью специальной техники.

3. Фаза строительства.

Когда все разрешения получены и земля приобретена, начинаются физические работы. Укладка пути начинается с укладка балластного слоя. На подготовленное земляное полотно насыпается щебень, после происходит сборка путевой решетки. Рельсы, шпалы и крепления собираются в секции длиной 200–500 метров на специальных заводах и транспортируются к месту укладки. Секции погружаются на специальные поезда-путеекладчики и укладываются на балласт. Это позволяет укладывать до 10 км пути в день.

Системы и электроснабжение: устанавливаются опоры и подвешиваются провода, устанавливается сигнализация и связь, монтируется оборудование, которое передает данные в кабину поезда (рис.2).



Рис. 13. Строительство железной дороги в Китае

4. Ввод в эксплуатацию и завершение.

Для проверки проводят предварительные испытания. Проверяются все системы на низкой скорости, по линии запускается специальный поезд, оснащенный датчиками, для измерения качества пути, работы электросети, сигналов и уровня шума. По окончании проверки выдается разрешение на эксплуатацию. На линию выпускаются поезда. Сначала расписание может быть ограниченным, а затем постепенно увеличивается.

Не только в России и Китае есть свои особенности в сфере строительстве, также свои особенности в строительстве железных дорог и США.

Особенности современного строительства в США:

Основные этапы: подготовка к строительству, проектирование и получение разрешений, строительство, завершение строительства и ввод в эксплуатацию

1. Подготовка к строительству.

Это, пожалуй, самая долгая и важная часть работы, она может занять несколько лет. Сначала нужно понять, зачем вообще нужна новая железная дорога. Может, чтобы разгрузить пассажирские линии (как, например, проект высокоскоростной магистрали в Калифорнии), увеличить объемы грузоперевозок, обойти город или обеспечить доступ к новому предприятию (например, шахте или заводу). Далее проводят экономические расчеты. Затем нужно посчитать, насколько это выгодно, сколько грузов или пассажиров будет перевозиться, и сколько все это будет стоить. Выбор оптимального маршрута это, наверное, самое сложное и часто конфликтное решение. Инженеры и экологи рассматривают разные варианты и оценивают: Стараются, чтобы дорога была как можно более ровной и прямой. Влияние на природу оценивают, как это повлияет на заповедники, животных, воду. Нужно соблюдать закон об охране окружающей среды, который требует подробного отчета о воздействии на природу. Далее решается вопрос с деньгами. Нужно найти, где взять деньги. Это могут быть: Частные инвестиции (например, от железнодорожных компаний). Государственное финансирование (федеральные субсидии, деньги из бюджета штата). Смешанное финансирование (когда деньги дают и частные компании, и государство).

2. Проектирование и получение разрешений.

Когда маршрут выбран, начинается детальная проработка проекта инженерные расчеты. Съёмка местности и анализ грунтов позволяют детально изучить местность. Точно измеряют местность, бурят скважины, чтобы узнать, какой грунт. Также широко используют GPS, информационное моделирование строительства (BIM), дроны для съёмки и контроля.

Далее начинается проектирование земляного полотна: Решают, как будут устроены насыпи, выемки, дренажные системы а также проектирование мостов и тоннелей. Рассчитывают, какие нагрузки они должны выдерживать, из каких материалов их строить, насколько они должны быть устойчивы к землетрясениям. Далее составляют план строительства: решают, как доставлять материалы, где разместить технику. Также для начала работ нужно получить разрешения от разных государственных органов (министерства транспорта, агентства по охране окружающей среды, местных властей). Это включает разрешения на пересечение рек, работы в местах обитания редких животных, строительство в исторических местах. Железнодорожная компания или государство получает право использовать землю под строительство.

3. Строительство.

Когда все разрешения получены, начинается само строительство. Сначала подготавливается территория. Расчищают территорию от деревьев и кустарников, переносят коммуникации (линии электропередач, трубы). После начинают земляные работы формируют земляное полотно. Строят насыпи, роют выемки, уплотняют грунт тяжелой техникой, устраивают дренажные системы для отвода воды. Это часто делают одновременно с земляными работами. На подготовленное земляное полотно укладывают слой щебня. Чаще всего используют готовые секции рельсов со шпалами, которые привозят на специальных поездах и укладывают кранами. Реже укладывают рельсы по одному. Рельсы сваривают вместе, чтобы не было стыков и поезд шел плавно. После монтируют светофоры, устройства для управления движением поездов. Это основа системы безопасности (ПТС), которая обязательно должна быть в США (рис.3).



Рис. 14. Строительство железной дороги в США

4. Завершение строительства и ввод в эксплуатацию.

По новым путям пускают пробные поезда, чтобы проверить, правильно ли уложены пути, как работают сигналы и связь. Выявляют и устраняют недостатки. После получения всех необходимых разрешений от Федерального управления железных дорог (FRA) линия открывается для движения поездов. Широко используют GPS, информационное моделирование строительства (BIM), дроны для съёмки и контроля.

Заключение.

Процесс прокладки железных дорог в разных странах похож. Но в каждой стране есть свои особенности: в России прокладкой путей занимается не государство, а частная компания ОАО РЖД. В Китае прокладка путей требует высокой скорости работы. Это связано с загруженностью и спешкой. В США акцент делается не на прокладку новых путей, а на модернизацию старых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Федулов И. В. Высокоскоростные железные дороги в странах востока - опыт строительства и эксплуатации // Восточная аналитика. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vysokoskorostnye-zheleznyye-dorogi-v-stranah-vostoka-opyt-stroitelstva-i-ekspluatatsii> (дата обращения: 02.11.2025).
- 2 Карасёва, А. А. Анализ мирового опыта развития высокоскоростного железнодорожного транспорта / А. А. Карасёва, М. А. Васильева // Молодой ученый. 2016. № 6 (110). С. 114-117. URL: <https://moluch.ru/archive/110/26636>.

ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ВЫЕМОК И НАСЫПЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ И ДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ

А. Е. Родионова, В. Н. Новикова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Статья актуальна, так как обеспечение устойчивости земляного полотна обязательный пункт для безопасного передвижения подвижных составов. Помимо этого, разрушение откосов, в зависимости от территории расположения путей, может сопровождаться оползнями, обвалами, деформацией пути, подмывом и подтоплением. Следовательно, экономические последствия имеют существенные последствия для предприятий.

В данной статье рассматривается один из критериев стабильности и прочности земляного полотна – это фильтрационные и динамические процессы в грунте. Сезонные колебания уровня грунтовых вод увеличивают влажность грунта, появляется риск подтопления – эти условия снижают прочность и эффективное напряжение грунта и как следствие появление пластичных деформаций. Свою роль играют и атмосферные осадки. Они насыщают верхние слои что приводит к повышению порового давления и скольжения грунта под балластом. Помимо природной нагрузки возникает еще и динамическая от поездов и их постоянного воздействия на земляное полотно. Каждое перемещение состава вызывает вертикальные и горизонтальные перемещения массы. Также возникают дополнительные касательные напряжения из-за неравномерного распределения нагрузок в кривых участках, которые являются причиной образования микротрещин в рельсах. Колебания грунта под воздействием вибрации также нарушают целостность цепей. Образование остаточных деформаций из-за вышеперечисленного снижает несущую способность откоса [2, 3].

Устойчивость откосов выемок и насыпей железнодорожного полотна. Устойчивость откосов выемок и насыпей определяет надежность земляного полотна. Оценивается состояние с помощью коэффициента запаса устойчивости, критериев прочности грунта и методов анализа.

Коэффициент запаса устойчивости (K_y) в строительной механике – это отношение удерживающего момента (создаваемого весом конструкции) к опрокидывающему моменту (создаваемому внешними силами). Коэффициент характеризует стабильность откоса относительно возможного сдвига или разрушения.

Общая формула для коэффициента запаса устойчивости зависит от типа расчёта:

При расчёте на устойчивость к опрокидыванию:

$$K_y = \frac{\text{удерживающий момент}}{\text{опрокидывающий момент}};$$

При расчёте на устойчивость к сдвигу:

$$K_y = \frac{\text{сила сопротивления сдвигу}}{\text{сила сдвига}}.$$

Значение коэффициента запаса устойчивости зависит от типа сооружения. На железнодорожном транспорте коэффициент запаса устойчивости принимается равным 1,1...1,3.

Закон Кулона-Мора в строительной механике – это математическая модель, описывающая зависимость касательных напряжений материала от величины приложенных нормальных напряжений. Названа в честь Шарля-Огюстена де Кулона и Отто Кристиана Мора. В основе закона – гипотеза Мора о зависимости предельных касательных напряжений от среднего нормального напряжения и гипотеза Кулона о том, что зависимость обусловлена внутренним трением в твёрдом теле.

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + c$$

τ – величина касательных напряжений;

σ – величина нормальных напряжений;

c – пересечение кривой критерия прочности с осью τ (часто называют сцеплением);

$\operatorname{tg}(\varphi)$ – тангенс угла наклона кривой критерия прочности.

Методы предельного равновесия применяются для анализа устойчивости откосов выемок и насыпей земляного полотна. Их суть заключается в том, чтобы разделить массив грунта на отдельные секции и найти наиболее выгодную поверхность скольжения. Метод Феллениуса предлагает разделить склон на вертикальные равные секции и игнорировать взаимодействие между ними. Преимущество метода в том, что он имеет низкие трудозатраты, однако к недостаткам стоит отнести вероятность недооценки коэффициента запаса устойчивости. Метод Бишопа в этом плане более точный, поскольку принимает во внимание вертикальное взаимодействие между секциями.

В сравнении с вышеперечисленными методами МКЭ (метод конечных элементов) имеет ряд преимуществ. МКЭ – численный метод расчета, основанный на представлении реальной конструкции ее дискретной моделью. Он позволяет детально анализировать грунтовые массивы под воздействием нагрузок. Преимущество в точности, возможности оптимизировать и предсказать поведение конструкции. Моделирование процессов фильтрации в грунте дает возможность проводить точечный анализ. Также МКЭ обеспечивает точный расчет динамических напряжений.

Таблица

Сравнительный анализ методов оценки устойчивости откосов насыпей и выемок

Метод	Учет фильтрации	Учет динамического воздействия	Точность	Трудоемкость и требуемые данные	Основная сфера применения
Метод Феллениуса	Ограниченный. Может быть учтено в расчетах, но приводит к значительной недооценке устойчивости.	Нет. Не применим для прямого расчета.	Низкая, дает заниженные (консервативные) результаты.	Низкая. Минимальный набор данных о грунтах и геометрии.	Быстрые, ориентировочные расчеты и предварительная оценка.
Метод Бишопа	Эффективный. Позволяет получить достоверные результаты при изменении уровня грунтовых вод.	Косвенный. Может использоваться для анализа устойчивости при статическом приросте нагрузки, но не для моделирования вибраций.	Средняя/Высокая. Результаты близки к более точным численным методам.	Средняя. Требуется итерационные расчеты.	Стандартный анализ, оценка устойчивости с учетом фильтрации.
Метод конечных элементов (МКЭ)	Полный. Позволяет проводить совместный нестационарный фильтрационный и прочностной анализ.	Прямой. Позволяет задать историю динамической нагрузки и рассчитать отклик массива грунта (напряжения, деформации, усталость).	Очень высокая. Позволяет учесть сложную геологию и историю нагружения.	Очень высокая. Требуется детальных данных о грунтах, ПО, значительных вычислительных мощностей.	Детальный анализ сложных случаев, исследование динамических эффектов, верификация проектов.

Заключение. Все исследованные методы имеют свои преимущества и недостатки, но при этом универсальным решением для всех задач они не являются. Наиболее рациональным решением является комплексное использование различных методов и комбинирование этих методов между собой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Прохмутенко В. А. Технические и технологические решения по повышению устойчивости насыпи железных дорог // Теория и практика современной науки №1 2019. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskie-i-tehnologicheskie-resheniya-po-povysheniyu-ustoychivosti-nasypi-zheleznyh-dorog>
- 2 Востриков, К.В. Исследование прочности откосов железнодорожных насыпей, закрепленных напорной инъекцией, при воздействии поездной нагрузки / К.В. Востриков, Ю.П. Смолин // Научно-технический журнал «Известия Транссиба». Омск: ОмГУПС. 2012.
- 3 Железнодорожный путь: учебник / Е.С. Ашпиз, А.И. Гасанов, Б.Э. Глюзберг и др.; под ред. Е.С. Ашпиза. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. 544 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЖАРСТОЙКИХ БЕТОНОВ

П. В. Рыжков

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современное строительство и промышленность предъявляют все более высокие требования к материалам, способным сохранять свои эксплуатационные характеристики в условиях экстремальных температур. Традиционный тяжелый бетон, являющийся основным конструкционным материалом, при нагреве свыше 250 °С подвергается необратимым деструктивным процессам, таким как потеря прочности, растрескивание и разрушение вследствие дегидратации цементного камня, разложения гидроксида кальция и значительной разницы в температурном расширении составляющих компонентов. Это делает его непригодным для использования в промышленных печах, дымовых труб, фундаментов под оборудование с высоким тепловыделением, тепловых агрегатов в энергетике и атомной промышленности [1-3].

Выходом из этой ситуации стало создание и активное внедрение жаростойких бетонов – специальных композиционных материалов, сохраняющих физико-механические свойства в условиях длительного воздействия высоких температур (до 1800 °С и выше). Актуальность их изучения обусловлена постоянным развитием высокотемпературных технологий и необходимостью обеспечения долговечности и безопасности соответствующих сооружений [4-5].

Жаростойкость бетона достигается не за счет одного компонента, а благодаря синергетическому эффекту от применения специальных вяжущих, жаростойких заполнителей, модифицирующих добавок и точного подбора состава [6-7].

Целью данной статьи является комплексное изучение свойств жаростойких бетонов на основе анализа их составов, физико-механических характеристик до и после термообработки, а также определения ключевых факторов, влияющих на их эксплуатационную стойкость.

Основная часть.

1. Классификация и компонентный состав жаростойких бетонов.

Жаростойкие бетоны классифицируют по виду вяжущего, по структуре, по способу уплотнения и по величине предельной температуры применения. Наиболее существенной является классификация по типу вяжущего вещества, так как именно оно во многом определяет поведение материала при нагреве. Портландцементные жаростойкие бетоны, в качестве вяжущего используется портландцемент, но его жаростойкость повышается за счет введения тонкомолотых минеральных добавок (молотый шамот, золы-уноса, микрокремнезем). Эти добавки связывают свободный $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образующийся при гидратации цемента, который при нагреве дегидратируется и дает усадку, что приводит к разрушению. Бетоны на шлакопортландцементе обладают несколько повышенной стойкостью по сравнению с портландцементными за счет большего количества стеклофазы. Бетоны на глиноземистом цементе отличаются высокой начальной прочностью и стойкостью до температур 1200-1300 °С. Основные продукты гидратации – гидраты алюминатов кальция – при нагреве претерпевают преобразования с образованием керамических связей. Бетоны на жидком стекле (силикатные) затворяются раствором силиката натрия или калия с добавкой уплотнителя-отвердителя (кремнефтористый натрий). Стойки к температуре до 1000-1200 °С. Обладают хорошей стойкостью к кислым газам. Бетоны на фосфатных связках затворяются растворами ортофосфорной кислоты или фосфатов аммония, алюминия, магния. Обладают очень высокой жаростойкостью (до 1500-1800 °С), так как при нагреве образуют прочные керамические фазы. Бетоны на высокоогнеупорных вяжущих (периклазовые, шамотные). Используются для температур выше 1500 °С.

Жаростойкие заполнители составляют 70-85 % объема бетона и формируют его каркас. Их выбор зависит от максимальной рабочей температуры и химической среды. К ним относятся:

1. Шамотные (обожженная и дробленая огнеупорная глина) – до 1300-1400 °С.
2. Корундовые (на основе глинозема Al_2O_3) – до 1600-1800 °С.
3. Карбидкремниевые (SiC) – обладают высокой теплопроводностью и стойкостью.
4. Хромитовые, магнезитовые, базальтовые и др.

Таблица 1

Классификация и основные характеристики материалов

Бетоны	Вид вяжущего	Вид заполнителя	Температура применения, °С	Область применения
Термостойкие	Портландцемент с добавками	Базальт, диабаз, андезит, шамот	700-800	Фундаменты печей, дымовые трубы
Жаростойкие	Глиноземистый цемент, жидкое стекло	Шамот, корунд, электрокорунд	1000-1400	Футеровка промышленных печей, тепловых агрегатов
Высоко-жаростойкие	Фосфатные связки, периклаз	Высокоглиноземистые, карбид кремния, циркониевые	1400-1800 и выше	Металлургические печи, обжиговые зоны

2. Физико-механические свойства и их изменение при термообработке.

Ключевыми свойствами жаростойких бетонов являются:

1. Предел прочности при сжатии до и после нагрева – основной показатель сохранения несущей способности.
2. Огнеупорность – способность выдерживать, не расплавляясь, воздействие высокой температуры.
3. Термическая стойкость – способность выдерживать резкие перепады температур без разрушения.
4. Остаточная линейная деформация – изменение линейных размеров после нагрева и остывания.
5. Теплопроводность.

Процесс нагрева бетона можно разделить на несколько температурных стадий, на каждой из которых происходят специфические физико-химические процессы.

Таблица 2

Сравнительные физико-механические характеристики

Температура нагрева, °С	Изменение прочности, % от исходной	Изменение массы, %	Остаточная деформация
20-100	~100% (незначительные колебания)	-2...-4%	Незначительная усадка
100-300	105 - 115%	-3...-5%	Незначительная усадка
300-600	Снижение до 60-80%	-5...-7%	Заметная усадка
600-900	Рост до 80-110%	Стабилизация	Стабилизация усадки
900-1200	100 - 130% и выше	Не изменяется	Незначительная дополнительная усадка
>1200	Резкое снижение	Не изменяется	Оплавление

Анализ данных показывает, что на начальных стадиях (100-300°C) может наблюдаться некоторый рост прочности за счет уплотнения структуры при удалении воды и процессов внутреннего отвердевания. Однако в интервале 300-600°C происходит критическое снижение прочности (до 60-80 %), связанное с разрушением гидратной структуры цементного камня. Это самый уязвимый температурный диапазон для многих типов бетонов. Преодоление этого «провала» возможно только при наличии активных минеральных добавок, которые, взаимодействуя с продуктами разложения, формируют новую прочную структуру. При температурах выше 900°C начинаются процессы спекания, и прочность обеспечивается уже не гидратными, а керамическими связями, что может привести к восстановлению и даже превышению исходной прочности. Таким образом, жаростойкий бетон после термообработки превращается из каменноподобного в керамикоподобный материал.

3. Сравнительный анализ различных составов жаростойких бетонов.

Для наглядности сравним три типичных состава, предназначенных для работы в разных температурных диапазонах.

Таблица 3

Сравнительные характеристики различных марок жаростойких бетонов

Параметр	Состав 1 Термостойкий на ПЦ	Состав 2 Жаростойкий на ГЦ	Состав 3 Высокожаростойкий на фосфатной связке
Вяжущее	ПЦ М400 + 30% молотого шамота	Глиноземистый цемент	Ортофосфорная кислота + глинозем
Заполнитель	Базальтовый щебень (70%)	Шамотный щебень (70%)	Корундовый заполнитель (80%)
Предел прочности при 20°C, МПа	40	50	45
Предел прочности после нагрева до 1000°C, МПа	12 (30% от исходной)	45 (90% от исходной)	60 (133% от исходной)
Огнеупорность, °C	~1250	~1550	>1750
Линейная усадка после нагрева до 1000°C, %	-0,8	-0,3	+0.2
Основные преимущества	Низкая стоимость, простота приготовления	Высокая прочность, быстрый набор прочности	Сверхвысокая жаростойкость, стабильность объема
Основные недостатки	Большая потеря прочности, значительная усадка	Чувствительность к условиям твердения, стоимость	Высокая стоимость, сложность технологии

Проведенный сравнительный анализ показывает, что повышение эксплуатационных характеристик напрямую связано с усложнением технологии и ростом стоимости материалов.

Состав 1 (на ПЦ) существенно теряет прочность при высоких температурах и имеет большую усадку, что ограничивает его применение, однако его низкая стоимость делает его выгодным для объектов с умеренным тепловым воздействием. Состав 2 (на глиноземистом цементе) показывает отличные результаты по сохранению прочности после термообработки. Низкая усадка и хорошая термическая стойкость делают его выгодным для большинства высокотемпературных применений в диапазоне 1000-1400°C. Состав 3 (на фосфатной связке) является материалом высшего класса. Его ключевая особенность – значительный рост прочности после нагрева, что объясняется образованием прочных фосфатных и алюмофосфатных связей. Незначительный рост объема является дополнительным преимуществом, так как предотвращает растрескивание плотной футеровки. Высокая термическая стойкость позволяет ему выдерживать многочисленные циклы резкого нагрева и охлаждения.

Выбор конкретного состава должен основываться на технико-экономическом обосновании, учитывающем максимальную рабочую температуру, характер тепловых циклов, механические нагрузки и агрессивность среды.

Заключение. Таким образом, основной принцип создания жаростойкого бетона заключается в обеспечении плавного перехода от гидратных связей при нормальной температуре к керамическим связям при рабочей температуре, минуя стадию глубокой деструкции. Как показал анализ таблиц, поведение бетона при нагреве носит стадийный характер. Наиболее критическим является температурный диапазон 300-600°C, где происходит разрушение гидратной структуры традиционного цементного камня. Преодоление этого порога возможно только при использовании активных минеральных добавок или специализированных вяжущих (глиноземистых, фосфатных), которые обеспечивают формирование новых прочных фаз. Сравнительный анализ составов показал четкую корреляцию между типом вяжущего, заполнителя и итоговыми эксплуатационными свойствами.

Перспективы развития в области жаростойких бетонов связаны с созданием композитов с еще более высокой стабильностью объема и термической стойкостью, разработкой наноструктурированных модификаторов для улучшения свойств на межфазных границах, а также с оптимизацией рецептур с использованием математического моделирования для прогнозирования поведения материала в условиях сложного термосилового нагружения. Широкое внедрение жаростойких бетонов является залогом надежности, долговечности и энергоэффективности современных высокотемпературных производств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Хлыстов А. И. Жаростойкие бетоны на основе отходов промышленности самарской области: монография. Самара: АСИ СамГТУ, 2016. 134 с.
- 2 Композиционные материалы: разработка и применение / Д. А. Безуглов [и др.]. Новосибирск, 2017.

- 3 Соколова С. В. Определение удельного электросопротивления жаростойких композитов с целью повышения их долговечности путем структурно-химической модификации растворами фосфатов // Строительный вестник Российской инженерной академии. Труды секции «Строительство» Российской инженерной академии. Москва, 2007. С. 73-75.
- 4 Соколова С. В., Хлыстов А. И. Структурная модификация огнеупоров – основа ремонта футеровок тепловых агрегатов // Современные представления об инвестиционных процессах и новые строительные технологии. Труды секции «Строительство» Российской инженерной академии. Москва, 2004. С. 179-184.
- 5 Хлыстов А. И., Соколова С. В., Власов А. В. Повышение эффективности жаростойких композитов за счет применения химических связующих // Технологии бетонов. 2014. № 2 (91). С. 46-50.
- 6 Тарасов Р. В., Макарова Л. В., Батынова А. А. Анализ возможности повышения термической стойкости материалов при комбинировании глин и шлаков в жаростойких композициях // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 2. Ч. 2.
- 7 Малькова М. Ю. Жаростойкие композиты на основе металлургических шлаков.

УДК 625.1, 625.112, 625.14

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЖАРОСТОЙКИХ ШТУЧНЫХ ОГНЕУПОРОВ

П. В. Рыжков

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Огнеупорные материалы являются фундаментом современных высокотемпературных технологий в металлургии, энергетике, химической промышленности, производстве цемента, стекла и керамики. Эти материалы, способные выдерживать воздействие температур от 1500 °С и выше, обеспечивают тепловую изоляцию, содержат агрессивные расплавы и газы, формируют рабочее пространство технологических агрегатов [1-2]. Среди них особая роль принадлежит штучным огнеупорам – изделиям заданной формы и размеров (кирпичи, блоки, фасонные изделия), которые составляют основу футеровки – внутренней облицовки печей, ковшей, топок и других тепловых аппаратов.

Актуальность изучения свойств штучных огнеупоров обусловлена экстремальными условиями их эксплуатации. Они подвергаются не только воздействию высоких температур, но и термическим ударам, механическим нагрузкам, абразивному износу, химической коррозии со стороны расплавленных металлов, шлаков, щелочей и кислот. Несвоевременный выход огнеупорной футеровки из строя приводит не только к дорогостоящему ремонту, но и к длительным простоям всего производства, что наносит значительный экономический ущерб [3-5].

Изучение свойств огнеупоров включает в себя анализ химико-минералогического состава, определение физических, механических и термомеханических характеристик, а также исследование поведения материала в модельных средах, имитирующих реальные условия эксплуатации [6-7].

Целью данной статьи является систематизированное изучение ключевых свойств штучных огнеупоров на основе анализа их классификации, физико-химических характеристик и поведения при высокотемпературном воздействии.

Основная часть.

1. Классификация, состав и основные свойства штучных огнеупоров.

Штучные огнеупоры классифицируются по форме и размерам, по способу формования, по химико-минералогическому составу и по степени огнеупорности. По форме и размерам различают прямые, клиновые, арочные, брусковые и сложные фасонные изделия. Стандартизированные размеры позволяют создавать прочную и герметичную футеровку. По способу формования изделия могут изготавливаться методом полусухого прессования, пластического формования, литья, термопластичной экструзии и горячего литья. По степени огнеупорности. Огнеупорные (огнеупорность 1580–1770 °С), высокоогнеупорные (1770–2000 °С), высшей огнеупорности (>2000 °С). Наиболее важной является классификация по химико-минералогическому составу, так как она напрямую определяет химическую стойкость и область применения материала.

Таблица 1

**Классификация штучных огнеупоров по химико-минералогическому составу
и основным свойствам**

Класс огнеупоров	Основные компоненты	Содержание основного оксида, %	Огнеупорность, °С	Область применения
Динасовые	SiO ₂ (кristобалит, тридимит)	>92	1680-1730	Своды мартеновских и стекловаренных печей, коксовые батареи
Алюмосиликатные полукислые	SiO ₂ >65, Al ₂ O ₃ 15-30	15-30 (Al ₂ O ₃)	1650 - 1710	Задние стенки и поды сталеплавильных печей
Алюмосиликатные шамотные	Al ₂ O ₃ + SiO ₂ (муллит, кристобалит)	28-45 (Al ₂ O ₃)	1750-1790	Футеровки печей, ковшей, дымовых труб
Алюмосиликатные высокоглино-земистые	Al ₂ O ₃ + SiO ₂ (муллит, корунд)	45-95 (Al ₂ O ₃)	1790-2000	Цементные печи, доменные печи, печи обжига
Магнезиальные	MgO (периклаз)	>80	>2000	Сталеразливочные ковши, конвертеры, зона спекания цементных печей
Хромитовые	Cr ₂ O ₃ , FeO, Al ₂ O ₃ , MgO	25-45 (Cr ₂ O ₃)	>1850	Промежуточный слой в футеровках
Магнезито-хромитовые	MgO, Cr ₂ O ₃ (периклаз, хромит)	50-80 (MgO) 8-20 (Cr ₂ O ₃)	>2000	Сталеплавильные агрегаты (ДСП, ковши)
Углеродистые	C (графит)	70-95	>3000	Доменные печи, электролизеры алюминия
Карбидкремниевые	SiC	70-90	1600 - 1800 (в окисл. среде)	Восстановительные зоны печей, нагреватели, зоны теплообмена

Данная таблица демонстрирует, что химический состав является определяющим фактором для свойств огнеупора, с увеличением содержания тугоплавких оксидов (Al₂O₃, MgO) или неметаллических тугоплавких соединений (C, SiC) огнеупорность материала возрастает. Например, шамотные изделия с содержанием Al₂O₃ 30 % имеют огнеупорность около 1750°С, в то время как высокоглиноземистые с Al₂O₃ >90 % достигают 2000°С, а углеродистые и вовсе имеют сверхвысокую огнеупорность. Класс материала напрямую влияет на его химическую стойкость. Динасовые огнеупоры, являясь кислыми, стойки к действию кислых шлаков, но разрушаются основными. Напротив, магнезиальные (основные) огнеупоры устойчивы к основным шлакам, но интенсивно корродируются кислыми. Алюмосиликатные занимают промежуточное положение, обладая относительной нейтральностью.

2. Физико-механические и термомеханические свойства.

Помимо химической стойкости, огнеупоры должны обладать комплексом физико-механических свойств, обеспечивающих их долговечность. Различают общую и открытую пористость. Низкая пористость повышает стойкость к проникновению шлака и абразивному износу, но снижает термическую стойкость. Предел прочности при сжатии определяет способность выдерживать статические и динамические нагрузки от вышележащей кладки и шихты. Термическая стойкость – способность выдерживать резкие перепады температур без растрескивания и разрушения. Температура начала деформации под нагрузкой (ТОДН) – показатель, характеризующий поведение огнеупора при длительном воздействии высоких температур и механической нагрузки. Определяет максимальную рабочую температуру для несущих конструкций футеровки. Огневая усадка (рост) – необратимое изменение линейных размеров при высокотемпературном воздействии, приводящее к разуплотнению кладки или ее разрушению.

Таблица 2

Сравнительные физико-механические характеристики различных классов огнеупоров

Класс огнеупоров	Открытая пористость, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Температура начала деформации под нагрузкой (0,2 МПа), °С	Огневая усадка (после 2 ч при 1500°С), %
Динасовые	18-25	15-35	1650 - 1670	+0,2 (рост)
Шамотные	15-22	20-40	1300 - 1400	-0,2...-0,5
Высокоглиноземистые	16-20	40-60	1450 - 1550	-0,1...-0,3
Магнезитовые	14-20	40-80	1500 - 1650	-2...-4
Магнезито-хромитовые	14-18	45-75	1550 - 1700	-1...-2
Карбидкремниевые	12-16	80-150	>1700 (не деформируется)	Незначительная

Данная таблица демонстрирует, что карбидкремниевые огнеупоры показывают исключительную прочность (до 150 МПа) при низкой пористости, что обусловлено прочными ковалентными связями и специальными видами связки. Шамотные и динасовые кирпичи имеют умеренную прочность, достаточную для многих применений. Наилучшей термической стойкостью обладают шамотные и высокоглиноземистые огнеупоры, что связано с относительно небольшим коэффициентом термического расширения алюмосиликатной фазы. Динасовые кирпичи, из-за полиморфных превращений кремнезема, и магнезитовые, из-за высокого ТКЛР, имеют низкую стойкость к термоударам. Динасовые огнеупоры, несмотря на не самую высокую огнеупорность, имеют очень высокую ТОДН, так как в их структуре присутствует прочный скелет из кристобалита и тридимита. Магнезитовые огнеупоры также имеют высокую ТОДН, но значительная огневая усадка (до 4 %) является их серьезным недостатком, приводящим к образованию зазоров в кладке. Магнезито-хромитовые огнеупоры демонстрируют хорошую прочность и повышенную (по сравнению с магнезитовыми) термическую стойкость, что и обусловило их широкое применение в сталеплавильной промышленности.

3. Анализ поведения огнеупоров в реальных условиях эксплуатации.

Лабораторные испытания не всегда в полной мере отражают поведение материала в агрессивной среде промышленной печи. Ключевым фактором деградации является химическая коррозия.

Таблица 3

Стойкость различных огнеупоров к воздействию агрессивных сред

Класс огнеупоров	Стойкость к кислым шлакам	Стойкость к основным шлакам	Стойкость к щелочам	Атмосферостойкость	Стойкость к расплавам Fe и Al
Динасовые	Высокая	Очень низкая	Средняя	Высокая	Низкая (для Fe), Высокая (для Al)
Шамотные	Средняя (высокая)	Низкая	Низкая (средняя)	Высокая	Средняя (для Fe), Низкая (для Al)
Высокоглиноземистые	Средняя	Средняя (низкая)	Низкая	Высокая	Высокая (для Fe), Низкая (для Al)
Магнезитовые	Очень низкая	Очень высокая	Высокая	Высокая	Высокая (для Fe), Низкая (для Al)
Магнезито-хромитовые	Низкая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая (для Fe), Низкая (для Al)
Углеродистые	Высокая	Высокая	Высокая	Очень низкая	Высокая (для Fe и Al)
Карбидкремниевые	Высокая	Высокая	Низкая	Средняя (покрывается SiO ₂)	Высокая (для Fe), Низкая (для Al)

Данная таблица демонстрирует противоположность в стойкости кислых (динасовых) и основных (магнезитовых) огнеупоров. Использование динасового кирпича в зоне с основными шлаками приведет к его быстрому растворению, и наоборот. Щелочи (K₂O, Na₂O) являются агрессивными по отношению к большинству силикатных огнеупоров, так как разрушают силикатный расплав, образуя низкоплавкие соединения. Высокоглиноземистые и шамотные огнеупоры особенно уязвимы. Стойкими являются магнезитовые и углеродистые материалы. Углеродистые огнеупоры демонстрируют

уникальную универсальную химическую стойкость ко всем типам шлаков и расплавов. Их главный недостаток – очень низкая стойкость к окислительной атмосфере, которая приводит к выгоранию связующего и разрушению структуры. Для борьбы с этим применяют беспустовочную кладку и защитные покрытия. Карбид кремния обладает отличной шлакоустойчивостью, но при высоких температурах в присутствии кислорода может окисляться, а в щелочной среде – разрушаться.

Заключение. Проведенное исследование показало, что не существует универсального огнеупора, пригодного для всех условий. Каждый материал обладает уникальным комплексом свойств, определяемым его химико-минералогическим составом. Как показал анализ таблиц, ключевым критерием выбора является химическая стойкость материала к конкретной агрессивной среде. Нарушение принципа химического соответствия неминуемо приводит к катастрофически быстрому разрушению футеровки. Компромиссность физико-механических свойств. Многие важнейшие характеристики огнеупоров находятся в противоречии. Высокая прочность и низкая пористость, как правило, достигаются в ущерб термической стойкости. Материалы с высокой температурой деформации под нагрузкой (динасовые) могут иметь низкую стойкость к термоудару.

Таким образом, грамотный выбор, проектирование и применение штучных жаростойких огнеупоров требуют глубокого системного подхода, основанного на всестороннем изучении их свойств, анализа условий эксплуатации и понимания физико-химических процессов, протекающих при высокотемпературном воздействии. Это является залогом повышения эффективности, ресурса и безопасности работы высокотемпературных агрегатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Хлыстов А. И. Жаростойкие бетоны на основе отходов промышленности самарской области: монография. Самара: АСИ СамГТУ, 2016. 134 с.
- 2 Соколова С. В. Исследование процессов структурной модификации жаростойких композитов растворами фосфатов: дис. ... на соискание ученой степени кандидата технических наук. Самара, 2006.
- 3 Хлыстов А. И., Соколова С. В. О службе шамотных огнеупоров в футеровке керамзитообжигательных печей // Огнеупоры и техническая керамика. 2007. № 5. С. 41-44.
- 4 Получение эффективных огнеупорных футеровочных материалов на основе отходов производства / А. И. Хлыстов // Успехи современного естествознания. 2004. № 2. С. 131-133.
- 5 Хлыстов А. И., Соколова С. В. Структурное модифицирование жаростойких композитов растворами фосфатов // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика: материалы региональной 59-й научно-технической конференции. Самарская государственная архитектурно-строительная академия / под редакцией Чумаченко Н.Г., 2002. С. 157-159.
- 6 Тарасов Р. В., Макарова Л. В., Батынова А. А. Анализ возможности повышения термической стойкости материалов при комбинировании глины и шлаков в жаростойких композициях // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 2. Ч. 2.
- 7 Малькова М.Ю. Жаростойкие композиты на основе металлургических шлаков.

УДК 691.32

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ ДЛЯ СИНТЕЗИРОВАНИЯ БЕТОНОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

С. В. Соколова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В работе приведены результаты исследований жаростойкого керамзитобетона и керамзитобетона для наружных стеновых панелей на керамзитовом песке, полученных в печах «кипящего слоя». Изучены некоторые свойства керамзитового песка, растворов и бетонных смесей на его основе.

Разработан состав жаростойкого кладочного раствора на алюмокальцийфосфатной связке (АКФС).

Было установлено, с целью получения керамзитобетона для стеновых панелей зданий промышленного и гражданского назначения, замена кварцевого песка керамзитобетона М 75 керамзитовым песком «кипящего слоя» дает снижение плотности керамзитобетона с 1100 кг/м³ до 850-1050 кг/м³[1].

В условиях современного строительства особое значение приобретает снижение веса конструкций и зданий за счет применения эффективных материалов, в том числе с использованием отходов промышленных производств [2-4]. Расширение сырьевой базы для синтеза вяжущих материалов

и бетонов в целом является актуальной задачей [5-7]. В выполнении данной задачи важная роль принадлежит легким бетонам на пористых заполнителях [8-9]. Изучалось влияние свойств песка на долговечность жаростойких бетонов и керамзитобетона для изготовления однослойных панелей для производства крупнопанельных конструкций зданий.

Основной целью в изготовлении керамзитобетона для однослойных панелей гражданских зданий является снижение веса изделия и повышения его теплозащитных свойств. Поскольку в основном мелким заполнителем для такого керамзитобетона является тяжелый кварцевый песок, то изделия на его основе не вполне обладают требуемыми физико-механическими характеристиками. В незначительном количестве применяется дробленый керамзитовый песок, для получения 1 м³ которого расходуется 1,3-2,0 м³ керамзитового гравия. Это приводит к тому, что себестоимость песка более чем в 2 раза превышает себестоимость керамзитового гравия.

Методы решения задачи.

Изучение свойств легких жаростойких бетонов

Был разработан (табл.1) состав жаростойкого теплоизоляционного бетона [2].

Таблица 1

Характеристики жаростойкого бетона

Состав раствора, кг/м ³	Плотность смеси, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа образцов в зависимости от температуры нагрева, °С			
		20 (7суток)	500	800	1000
АОН – 225 КПКС – 725 АКФС – 415	1354	6,7	6,3	6,1	5,8

Условные обозначения: АОН - Аллюмохромистый отход нефтхимии; КПКС - Керамзитовый песок «кипящего слоя»; АКФС - Аллюмокальцийфосфатная связка.

Как видно из таблицы, получены хорошие показатели, что позволяет рекомендовать бетон данного состава для использования в футеровках тепловых промышленных агрегатах.

Исследование свойств керамзитобетона для стеновых панелей

Изучалось влияние свойств песка на долговечность керамзитобетона [1].

Готовились образцы из керамзитобетона на песке «кипящего слоя» и на дробленном песке.

Результаты определения деформаций образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Деформация керамзитобетонных образцов

№№ п/п	Керамзитобетон на песке	Линейные деформации образцов, мм/м	
		При хранении на воздухе	При попеременном увлажнении и высушивании
1	Образцы из бетона на песке из печи «кипящего слоя»	-0,477	+111
2	Образцы из бетона на дробленном песке	-0,507	+112

Примечание: «-» - усадка, «+» - набухание.

Из данных таблицы 2 видно, что деформации увеличиваются.

Конструкции панелей

Однослойные панели выполняются из керамзитобетона плотной и однородной структуры. Панели наружных стен выше отметки +0,00 из керамзитобетона плотностью 1000; 1100 и 1200 кг/м³ марки «75», морозостойкости не ниже МРЗ – 25; панели цокольные – из керамзитобетона плотностью 1400 кг/м³ марки «100», морозостойкости не ниже МРЗ – 35. Плотность керамзитобетона указана в высушенном до постоянного веса состоянии. Наружные и внутренние поверхности панелей имеют отделочные слои. Наружный отделочный слой рекомендуется выполнять из вибрированного карбонатного, декоративного бетона на известняковом щебне и песке марки «100» и белом или цветном цементе марки не ниже «400» со шлифовкой или вскрытой фактурой, присыпкой дробленого камня,

облицовкой керамическими плитками, окраской бетонной поверхности стойкими красителями.

Морозостойкость раствора и бетона для наружного отделочного слоя должна быть не ниже МРЗ – 35; сопротивление промочке-проливке в течение 8 часов 50 л/м². Толщина наружного отделочного слоя раствора или бетона должна быть 20⁺ мм (25⁺ 15). Отделочный слой внутренней поверхности панели рекомендуется выполнять цементным раствором марки «50» на керамзитовом песке толщиной не более 15 мм. Отделочные слои входят в общую толщину панелей. Панели армируются пространственными каркасами и сварными сетками. Для соединения при монтаже панелей между собой и другими конструкциями дома предусмотрены специальные анкерные петли: по две петли сверху панели и по одной снизу по углам панели.

Технологические требования

1. материалы, применяемые для керамзитобетона:
 - а) керамзитовый гравий должен быть чисто рассортированный по фракциям 5-10; 10-20; 20-40;
 - б) керамзитовый песок рекомендуется – предельной крупности 1,2 мм.;
 - в) цемент портландский или шлакопортландский без активных добавок (кроме молотого гранулированного доменного шлака) марки 400 и более.
2. В зависимости от насыпной плотности керамзитового гравия устанавливается насыпная плотность керамзитобетона в сухом состоянии по таблице 3.

Таблица 3

№№ П/П	Насыпная плотность керамзитового гравия	250-300	300-350	350-400	400-500	500-600
1	Насыпная плотность керамзитового гравия, кг/м ³	300	750	800	900	1166

В таблице 3 представлен расход материалов керамзитобетона.

Таблица 3

Состав керамзитобетона

№ П/П	Материалы	Расход материалов на 1 м ³ керамзитобетона (в кг и л)	
		На кварцевом песке	С частичной заменой кварцевого песка керамзитовым
1	ПЦ М 400	283	255
2	Керамзитовый гравий	281 (108 л)	218 (80 л)
3	Кварцевый песок	563 (375 л)	425 (283 л)
4	КПКС	-	178 (250 л)
5	Вода	133	185

Из таблицы 3 видно, что заменяя кварцевый песок керамзитовым сокращается расход материалов, в частности расход портландцемента.

Выводы:

1. В результате изучения и разработки состава легкого жаростойкого бетона был получен материал с хорошими физико-механическими характеристиками.
2. Разработанный состав керамзитобетона, дает значительное снижение веса и рекомендуется для изготовления стеновых панелей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Федоров В. П., Хлыстов А. И. А.С. 726057 СССР, МКИЗ С 04 В 31/02. Композиция для изготовления керамического заполнителя бетона / заявитель: Куйбышевский инженерно-строительный ин-т им. А.И. Микояна; заявл. 30.01.1978, опубл. 05.04.1980, Бюл. № 13.
- 2 Хлыстов А. И. Жаростойкие бетоны на основе промышленности Самарской области. Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2017. 187 с.
- 3 Хлыстов А. И., Соколова С. В. Структурное модифицирование жаростойких композитов растворами фосфатов // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика. Материалы региональной 59-й научно-технической конференции. Самарская государственная архитектурно-строительная академия; под редакцией Чумаченко Н. Г., 2002. С. 157-159.
- 4 Хлыстов А. И., Соколова С. В. Подбор составов фосфатных связующих, применяемых в качестве модификаторов структур жаростойких композитов // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика: материалы 60-й Юбилейной региональной научно-технической конференции. Самарская государственная архитектурно-строительная академия; под редакцией: Чумаченко Н. Г. 2003. С. 109-112.

- 5 Хлыстов А. И., Соколова С. В., Божко А. В., Чемоданов А. Ю. Ремонт футеровки керамзитобжигательной вращающейся печи // Исследования в области архитектуры, строительства и охраны окружающей среды: тезисы докладов областной 58-й научно-технической конференции. Самарская государственная архитектурно-строительная академия, 2001. С. 64-65.
- 6 Соколова С. В. Влияние структурно-энергетических характеристик гидрооксидов металлов на их химическое связывание с ортофосфорной кислотой с целью получения фосфатных связующих для жаростойких бетонов // Огнеупоры и техническая керамика. 2004. № 9. С. 29.
- 7 Соколова С. В. Структурно-химическая модификация жаростойких композитов с целью повышения их физико-механических характеристик: монография. Самара. 2016.
- 8 Хлыстов А. И., Соколова С. В. Способ ремонта футеровки тепловых агрегатов жаростойким бетоном: патент на изобретение RU 2265780 С2, 10.12.2005. Заявка № 2004102127/03 от 26.01.2004.
- 9 Соколова С. В. Повышение физико-термических свойств жаростойких композитов // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2019. № 29. С. 142-145.

УДК 691.32

СТРУКТУРНАЯ МОДИФИКАЦИЯ БЕТОНОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

С. В. Соколова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В современных условиях важное значение имеет технико-экономическая политика сбережения ресурсов [1-4]. Улучшить свойства жаростойкого бетона можно с помощью его структурной модификации. Для оптимизации бетона могут применяться различные материалы [5-8].

Использование в строительстве высокопрочного гипса, является рациональным решением, т.к. гипсобетон, способен нести незначительные нагрузки на растяжения. Изучение поведения арматуры в гипсобетоне и разработка новых методов её защиты имеет большое практическое значение [9].

Методы решения задачи.

Модификация жаростойких бетонов

Исследование процессов структурной модификации жаростойких бетонов проводилось с целью повышения их физико-механических характеристик и увеличения долговечности.

Опыты производили на образцах, приготовленных на основе портландцемента ПЦ-400-Д-20. Были разработаны три состава жаростойких бетонов, соответствующие классу И-8: первый состав включал портландцемент ПЦ-400-Д-20 (460 кг/м³), отработанный катализатор ИМ-2201 (200 кг/м³); второй состав включал портландцемент ПЦ-400-Д-20 (440 кг/м³), отработанный катализатор ИМ-2201 (190 кг/м³), известь-пушонку в количестве 5 % от общей массы состава (34 кг/м³); третий состав включал портландцемент ПЦ-400-Д-20 (420 кг/м³), отработанный катализатор ИМ-2201 (180 кг/м³), известь-пушонку в количестве 10 % от общей массы состава (60 кг/м³). В качестве заполнителя во всех составах присутствовал шамотный песок в количестве 1340 кг/м³. Образцы изготавливались с размерами 50×50×50 мм, пропитку которых производили в естественных условиях ортофосфорной кислотой с концентрацией 30 %. После пропитки образцы подвергали нагреванию при температуре 800⁰С с выдержкой в течение двух часов. После каждого нагрева измеряли и фиксировали плотность и прочность образцов при сжатии. Результаты испытаний на предел прочности при сжатии образцов жаростойких бетонов, приготовленных портландцементе с добавкой и без добавки извести были следующие: состав № 1: 21 кгс/см²; состав № 2: 23 кгс/см²; состав № 3: 32 кгс/см². Как видно, наибольшей прочностью обладают образцы, в составе которых присутствует известь-пушонка (10 %).

Модификация гипсобетона

По величине и характеру изменения потенциалов стали в бетоне можно судить о его защитных свойствах. Поэтому нами проводилось измерение электродных потенциалов стали в высокопрочном гипсе с различным В/Г в период его схватывания и твердения, в течение суток и в гипсовых образцах, хранившихся в течение 50 суток в воде и в агрессивной среде (0,1 % раствор NaCl). Результаты измерений представлены на рисунках 1-4. Зависимость потенциалов стали в период схватывания и начального твердения, показана на рисунке 1.

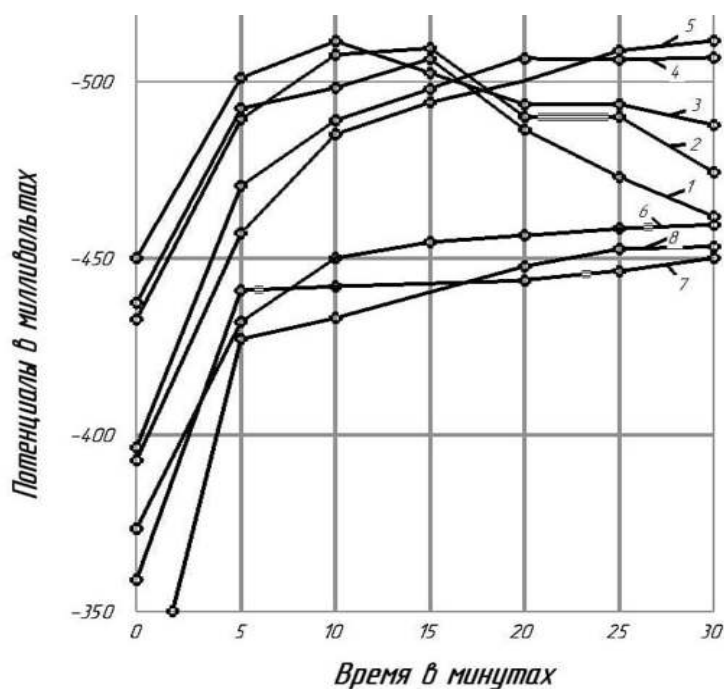


Рис. 1. Кинетика изменения потенциалов стали в высокопрочном гипсе в период твердения. Кривые на графике соответствуют В/Г: 1-0,25; 2- 0,35; 3- 0,5; 4-1; 5-5; 6-100; 7-200; 8- в воде

Из рисунка 1 видно, что потенциалы стали в высокопрочном гипсе в процессе схватывания резко увеличиваются, а затем уменьшаются (по абсолютной величине). Из рисунка 1 следует, что чем меньше В/Г, тем быстрее происходит смещение потенциалов в отрицательную сторону. При больших значениях В/Г (кривые 6и7) изменение потенциалов в гипсе аналогично изменению потенциалов в воде (кривая 8), т.к. в этом случае влияние гипса невелико в силу малого его количества.

Дальнейшее измерение потенциалов в процессе твердения гипса в течение суток (рис.2) показало, что наибольший отрицательный потенциал имеет сталь в гипсовом растворе с В/Г = 1 (кривая 1). Потенциал в этом случае равен 530 мв.

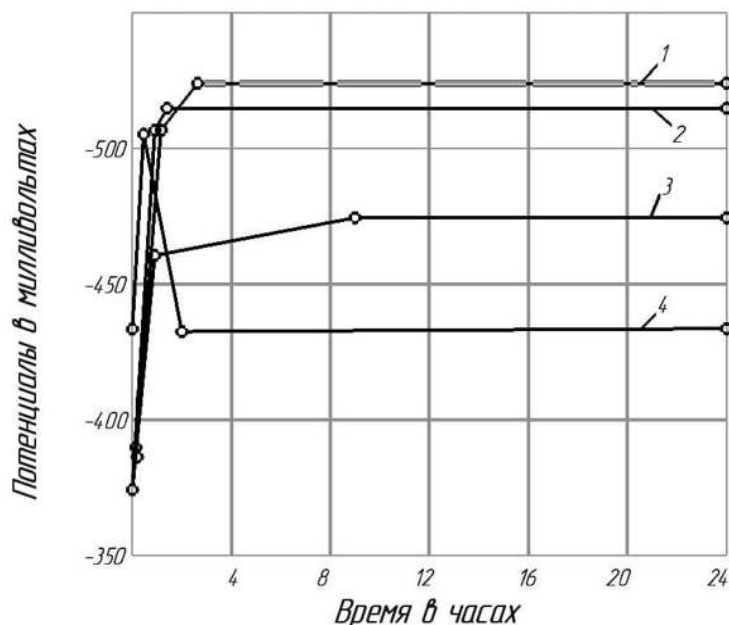


Рис. 2. Кинетика изменения потенциалов стали в высокопрочном гипсе во времени, в зависимости от В/Г: кривая 1 соответствует В/Г -1; 2- 5; 3-10; 4-35

С увеличением или уменьшением В/Г потенциалы стали в гипсе уменьшаются. Это подтверждается полученной зависимостью (Я.И. Сидорович) потенциалов от Т/Ж (твёрдожидкое отношение), тоже, что и у нас В/Г (рис. 3).

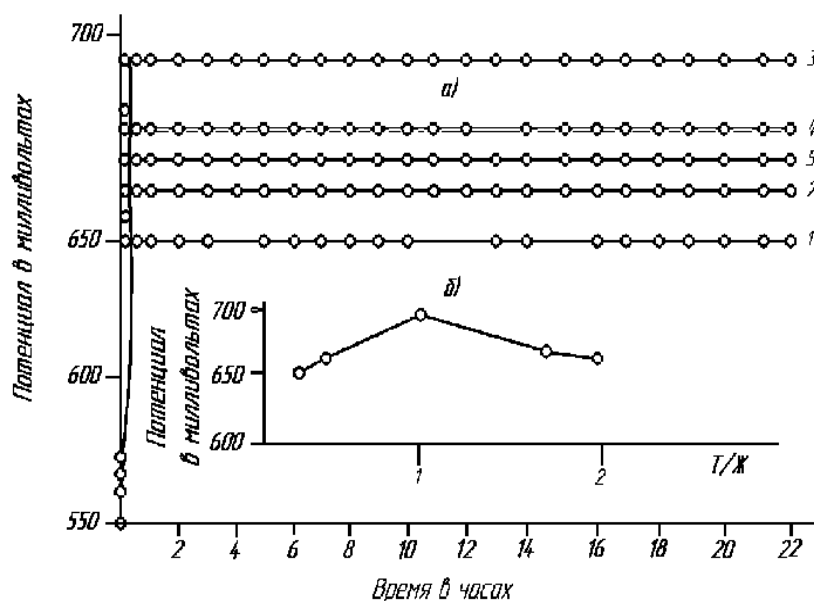


Рис. 3. Кинетика изменения потенциалов обыкновенного гипса в зависимости от Т/Ж.
1.Т/Ж = 0,20; 2.Т/Ж = 0,40; 3.Т/Ж = 1,0; 4.Т/Ж = 1; 5.Т/Ж = 2,0

Кинетика изменения потенциалов стали в гипсе, помещенном в различные среды, показана на рисунке 4. В первые сутки потенциалы скачкообразно смещались как в сторону увеличения, так и уменьшения. Затем потенциалы стабилизировались и через 50 суток численные значения их составляли -525 и -520 мв. Для сравнения производились измерения стальных стержней (без покрытия их гипсом) в воде. Их значения также оказались равными -520 мв.

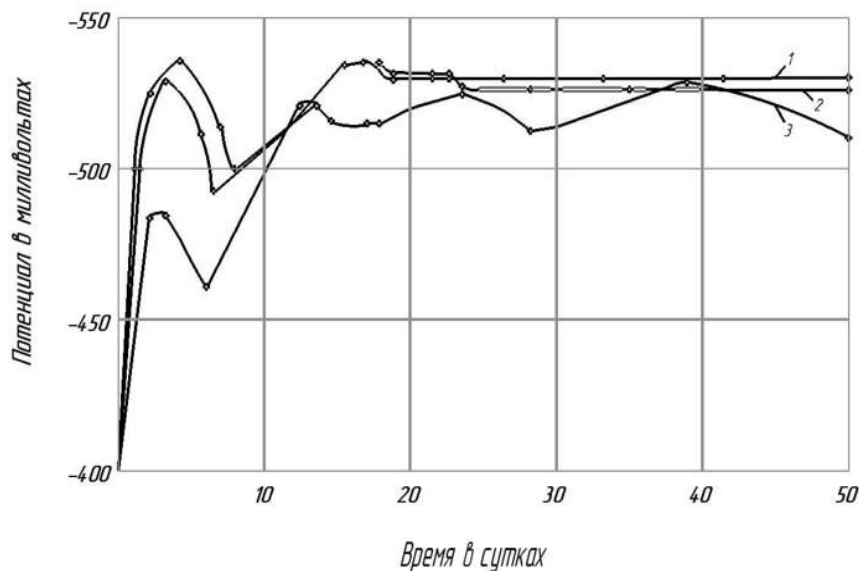


Рис. 4. Кинетика изменения потенциалов в гипсовых образцах, помещенных: 1- в воду; 2- в 0,1 % раствор NaCl; 3 – стальные стержни в воде

Таким образом, значения потенциалов стали в гипсовых образцах равны значениям потенциалов стали, не покрытой гипсом. Объясняется это тем, что щелочность среды в обоих случаях одинакова (нейтральная среда с $\text{pH} = 7$).

На рисунке 5 показано изменение потенциалов стали под различными цементными покрытиями, которые имеют более положительное значение. Измерения проводились в морской воде.

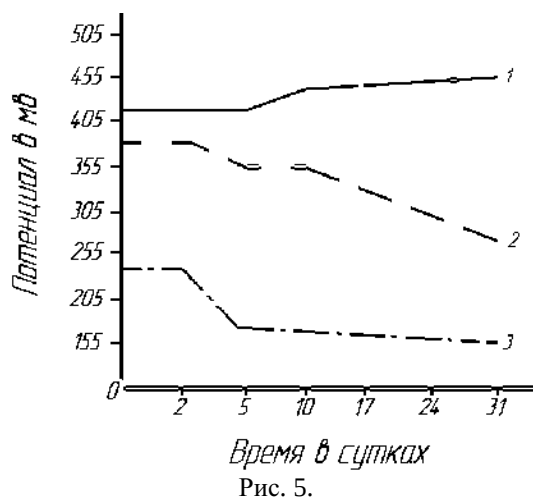


Рис. 5.

Сопоставляя значения потенциалов стали в гипсовых растворах со значениями потенциалов в цементных растворах можно заключить, что потенциал в портландцементе значительно положительнее потенциалов в гипсе на 300 – 400 мВ.

Потенциал в гипсоглиноземистом цементе сравним с потенциалом стали в гипсе (соответственно – 450 и – 500 мВ.).

Таким образом высокие отрицательные (- 500 мВ) значения потенциалов стали в высокопрочном гипсе свидетельствуют об активном состоянии арматуры и, следовательно, в этом случае возможна сильная коррозия.

Для изучения зависимости прочности гипсобетона на высокопрочном гипсе от добавки извести негашеной молотой изготавливались кубики с ребром 7 см чистого высокопрочного гипса и высокопрочного гипса с добавкой 5 и 10 % извести, которые испытывались на гидравлическом прессе с целью определения предела прочности при сжатии. Испытания дали следующие результаты: высокопрочный гипс – 353 кг/см²; высокопрочный гипс + 5 % извести – 345 кг/см²; высокопрочный гипс + 10 % извести – 373 кг/см². Таким образом, добавка к высокопрочному гипсу негашеной молотой извести в количестве 10 % предохраняет арматуру от коррозии.

Выводы.

1. В целях повышения физико-механических показателей жаростойких бетонов для решения задачи увеличения долговечности футеровок тепловых промышленных агрегатов были разработаны составы жаростойких композитов на основе портландцемента. В качестве тонкомолотого компонента применялся отработанный катализатор ИМ-2201. С целью активации химических процессов, происходящих в бетоне при пропитке его 30-й ортофосфорной кислотой вводилась известь - пушонка 5 % и 10 %. Наилучшие показатели по пределу прочности при сжатии показали образцы с 10 % содержанием извести. Жаростойкие бетоны данного состава рекомендуется применять при рабочих температурах 800 °С.
2. Результаты изучения показали, что защитой стальной арматуры в гипсобетоне является добавка в гипсобетон молотой негашеной извести в количестве 10 % от веса гипса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Хлыстов А. И., Соколова С. В. Структурное модифицирование жаростойких композитов растворами фосфатов // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика. Материалы региональной 59-й научно-технической конференции. Самарская государственная архитектурно-строительная академия; под редакцией Чумаченко Н. Г., 2002. С. 157-159.
- 2 Хлыстов А. И., Соколова С. В. Подбор составов фосфатных связующих, применяемых в качестве модификаторов структур жаростойких композитов // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика. Материалы 60-й Юбилейной региональной научно-технической конференции. Самарская государственная архитектурно-строительная академия; под редакцией: Чумаченко Н.Г., 2003. С. 109-112.
- 3 Ремонт футеровки керамзитообжигательной вращающейся печи / А. Ю. Чемоданов [и др.] // Исследования в области архитектуры, строительства и охраны окружающей среды: тезисы докладов областной 58-й научно-технической конференции. Самарская государственная архитектурно-строительная академия. 2001. С. 64-65.
- 4 Соколова С. В. Влияние структурно-энергетических характеристик гидрооксидов металлов на их химическое связывание с ортофосфорной кислотой с целью получения фосфатных связующих для жаростойких бетонов // Огнеупоры и техническая керамика. 2004. № 9. С. 29.

- 5 Соколова С. В. Структурно-химическая модификация жаростойких композитов с целью повышения их физико-механических характеристик: монография. Самара. 2016.
- 6 Хлыстов А. И., Соколова С. В. Способ ремонта футеровки тепловых агрегатов жаростойким бетоном: патент на изобретение RU 2265780 C2, 10.12.2005. Заявка № 2004102127/03 от 26.01.2004.
- 7 Соколова С. В. Повышение физико-термических свойств жаростойких композитов // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2019. № 29. С. 142-145.
- 8 Перспективы применения промышленных отходов для повышения долговечности и огнеупорности жаростойких бетонов / С. В. Соколова [и др.] // Строительство и реконструкция. 2023. № 2 (106). С. 123-133.
- 9 Передерий И. А., Федоров В.П. Исследование коррозии стали в гипсобетоне на высокопрочном гипсе и электрохимическая защита // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. 1967. № 3. С. 20-25.

УДК 693.81

ВЛИЯНИЕ ОСЕВЫХ НАГРУЗОК И ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА СКОРОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПУТИ

Е. С. Трегубова, П. А. Кабанов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Актуальность проблемы связана с ростом грузонапряженности и скоростей движения поездов. Эти изменения создают значительные сложности для обеспечения бесперебойной и безопасной работы железных дорог. Интенсивная эксплуатация приводит к ускоренному накоплению деформаций в элементах верхнего строения пути (ВСП). Это приводит к образованию неровностей на пути: просадок, перекосов, потайных толчков, выплесков под шпалами.

Целью исследования является изучение остаточных деформаций, возникающих в системе ВСП. Учитывается осевая нагрузка и интенсивность движения, определяемая количеством циклов нагружения. После, подводятся итоги проведенного анализа.

Накопление остаточных деформаций. Основным источником остаточных деформаций в нижнем строении пути являются - балластная призма и земляное полотно. Рельсы и шпалы работают преимущественно в упругой стадии, воспринимая его деградацию. Щебень смещается, дробится и истирается, что в конечном итоге приводит к уплотнению и осадке слоя. В земляном полотне, возможно возникновение значительных деформаций сдвига.

С увеличением количества циклом нагружения незначительные остаточные деформации суммируются. Накопления микросдвигов и осадок приводит к общей просадке пути. Происходит потеря продольного и поперечного профиля и искажение рельсовой колеи. Это приводит к потери устойчивости бесстыкового пути. Осевая нагрузка напрямую влияет на скорость остаточных деформаций, это влияние нелинейно. Результаты экспериментальных и теоретических изысканий указывают на то, что эту зависимость можно описать степенной функцией. Это означает, что даже незначительное увеличение нагрузки приводит к непропорционально большому росту деформаций. Например, рост осевой нагрузки с 23 до 30 тонн вызывает рост напряжений на основной площадке земляного полотна до 25 %. Так происходит из-за напряжений, передаваемых на балласт и земляное полотно. Их рост быстрее, чем сама нагрузка.

Влияние повышенных осевых нагрузок особенно опасно в зонах, где целостность пути изначально ослаблена или имеются концентраторы напряжений. К таким участкам относят стыки рельсов, элементы стрелочных переводов и места локальных неровностей. Динамические воздействия на таких участках достигают предельных значений приводящие к возникновению остаточных деформаций. Подобные деформации приводят к просадке балласта, дефектам в стыках и повреждению крестовин.

Интенсивность движения оказывает на путь кумулятивное воздействие. При движении поезда возникают динамические нагрузки, существенно превышающие статические. Эти силы способны увеличить воздействие на рельсы в полтора раза и более. Так, при скорости 140 км/ч, осевая нагрузка на рельс, составляющая в статическом состоянии 12,5 тонн на один рельс (осевая нагрузка 25 тонн делиться на два рельса), может возрасти до 18 тонн.

Следовательно, износ пути зависит не только от интенсивности нагрузки, но и от частоты её применения. В практической деятельности для комплексной оценки применяется показатель грузонапряженности. Он показывает, сколько миллионов тонн груза (брутто) проходит за один год. Это позволяет

оценить общее воздействие на путь, суммируя осевые нагрузки и интенсивность движения, то есть весь прошедший тоннаж. Общий объем перевозок напрямую влияет на состояние пути: чем он выше, тем быстрее путь изнашивается. Он напрямую связан с количеством усталостных повреждений, возникающих в результате эксплуатации.

Сочетание высоких осевых нагрузок и большой интенсивности движения поездов может привести к разрушительному воздействию на ж/д путь. Из-за перемещения нагрузки, конструкция подвергается большим деформациям, чем при воздействии статической нагрузки. Нагрузка от каждой оси вызывает глубокие напряжения в конструкции. Частое повторение приводит к циклам напряжений, возникающих в материале. Процесс усталостного разрушения рельсовой конструкции представлен в таблице 1.

Таблица 1

Процесс усталостного разрушения рельсовой конструкции

Этапы	Воздействия	Результат
Первый цикл нагружения	Прохождение колесной пары по рельсу	Начало процесса циклического нагружения конструкции
Возникновение микротрещин при циклическом нагружении	Многочисленное повторение нагрузок	Образование микроскопических дефектов в материале
Процесс усталостного разрушения	Постепенный рост и развитие микротрещин	Накопление дефектов в структуре материала
Накопление остаточных деформаций	Достижение трещинами критических размеров после накопления повреждений	Полное или частичное разрушение элементов конструкции

Таблица 2

Влияние осевой нагрузки и интенсивности движения на скорость деформации пути

Сценарий работы	Осевая нагрузка	Интенсивность движения (млн.т/год)	Относительная скорость деформации (усл. ед.)
Исходный уровень	23.5 тс	25	1.0
Увеличение интенсивности	23.5 тс	50	2.1
Увеличение нагрузки	27.5 тс	25	3.2
Совместное воздействие	27.5 тс	50	8.0

Данные в таблице 2 носят иллюстративный характер и представлены для визуализации. Анализ показывает, что:

1. При увеличении скорости движения удваивает скорость износа.
2. С увеличением нагрузки увеличивается (более чем в три раза) скорость деформации.
3. Совместное увеличение приводит к восьмикратному износу, что превышает сумму их отдельных влияний.

Заключение. Таким образом, надежность и долговечность железнодорожного пути можно описать двумя параметрами: величиной осевой нагрузки и интенсивностью движения. Наиболее разрушительным является их одновременное воздействие. Комбинация высоких нагрузок и большой интенсивности приводит к резкому, многократному ускорению износа пути

Для компенсирования воздействия необходимо применять разнообразные методы содержания и ремонта, устанавливать более жесткие стандарты для участков с интенсивным движением и использовать прогнозирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гнатенко Ю. С., Чернышев Е. В., Чернышева В. А., Лапин В. Ю. Интенсивность накопления остаточных деформаций железнодорожного пути, эксплуатируемого в сложных природно-климатических условиях // Взаимодействие результатов научных исследований – 2020. Вып. 4. С. 24–34. DOI: 10.20295/2223-9987-2020-4-24-34
2. Исследование способов повышения надежности пути в зоне рельсовых стыков при повышенных осевых нагрузках тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 05.22.06, кандидат технических наук Кузнецов Владимир Владимирович [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dissercat.com/content/issledovanie-sposobov->

- povysheniya-nadezhnosti-puti-v-zone-relsovykh-stykov-pri-povyshennykh-?ysclid=mgxyosrkh541473872 (дата обращения: 16.10.2025).
- 3 ГОСТ Р 55050-2012. Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на железнодорожный путь и методы испытаний [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tdesant.ru/info/item/235> (дата обращения: 17.10.2025).
- 4 «СТО РЖД 08.023-2015. Стандарт ОАО «РЖД». Железнодорожный путь. Методы оценки физического износа и остаточного ресурса» (утв. и введен в действие Распоряжением ОАО «РЖД» от 06.07.2015 N 1669р) - [Электронный ресурс]. URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/karta_forma/0/sto_rzhd_08_023-2015_standart_oao_rzhd_zheleznodorozhnyy_put.html?ysclid=mgxyv7jmg58061263

УДК 004.056

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА ВЫСОКИХ ПЛАТФОРМАХ

Д. М. Хрисанов, А. С. Баранов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Безопасность на железнодорожных станциях играет важнейшую роль в обеспечении стабильной и надежной работы всей транспортной системы, в связи с тем, что эти объекты играют ключевую роль в транспортной инфраструктуре страны. Именно поэтому необходимо вести тщательный контроль за безопасностью, в том числе и на высоких платформах. Это необходимо для предотвращения несчастных случаев, преступлений, террористических актов; для сигнализации и оповещения при чрезвычайных ситуациях.

Основная часть:

Обеспечение безопасности требует комплексного подхода, подразумевает совместную работу нескольких систем, которые дополняют друг друга или дублируют. Для этого на высоких платформах используются специально обученный персонал и технические средства.

Технические средства зачастую демонстрируют наиболее высокую эффективность по сравнению с персоналом, так как полностью исключают человеческий фактор. Но персонал не теряет своей значимости и должен всегда оставаться на железнодорожных объектах, для решения сложных вопросов и взаимодействия с пассажирами. Технические средства на высоких платформах представляют собой системы сигнализации, автоматизации, а также освещения и ограждения. Для детального понимания были приведены примеры:

1) Ограждения

Защитные ограждения выполняют функцию защиты пассажиров и работников железнодорожной станции от несчастных случаев, связанных с падением с платформы. Материалами для создания являются металл, сетка, режесет бетон - в соответствии с Распоряжением ОАО «РЖД» от 24 декабря 2010 года №2705р. На высоких платформах со стороны поля и торцов должно быть установлено защитное ограждение, высота которого должна приниматься от 1000 до 1200 мм. Также должно быть установлено ограждение с перилами на лестничных сходах с платформ и входах на пешеходные мосты. При использовании решетчатых металлических или железобетонных ограждений расстояние в свету между элементами заполнения ограждения не должно превышать 150 мм. Все типы ограждений не должны иметь острых углов, выступов и заусенцев. Должны быть обработаны краской устойчивой к погодным условиям, механическому и абразивному воздействию (рис.1).



Рис. 1. Защитные ограждения

Сигнальное ограждение - тип ограждения, предназначенный для обозначения опасной зоны и ограничения доступа пассажиров. Они применяются на боковых платформах шириной менее 6 м, где предусматривается безостановочное движение пассажирских поездов со скоростями свыше 140 км/час на границе опасной зоны (но не ближе 2,0 м от края платформы). Ограждение сигнальное должно иметь проходы для пассажиров шириной не менее 2,0 м. Число проходов в ограждении должно быть не менее двух на длину вагона. Длина каждого из элементов ограждения должна равняться как минимум 2-кратной ширине оставляемых между ними проходов. Высота ограждения сигнального должна составлять не менее 1100 мм.

Предупреждающие тактильные указатели - элементы навигации, представляющие собой рельефные поверхности, предназначенные в первую очередь для людей с ограниченными возможностями, предупреждая о близости к опасной зоне. Располагаются на расстоянии не менее 0.9м от края платформы. Перед спусками и на ступенях. Форм-фактор определяется в соответствии с областью применения по ГОСТу Р 52875–2007 (рис. 2).



Рис. 2. Предупреждающие тактильные указатели

2) Освещение

Освещение на платформах должно соответствовать нормам, устанавливаемым ОСТ 32.120–98 «Нормы искусственного освещения объектов железнодорожного транспорта». Правильно организованное освещение – уровень яркости, тип светильников, повышает уровень безопасности на высоких платформах: интеграция с системами сигнализации и видеонаблюдения, психологическое влияние. Освещение чаще всего автоматизировано, т. е. работает в совокупности с датчиками освещения и датчиками движения, что в свою очередь повышают энергоэффективность и увеличивают срок службы свето-элементов.

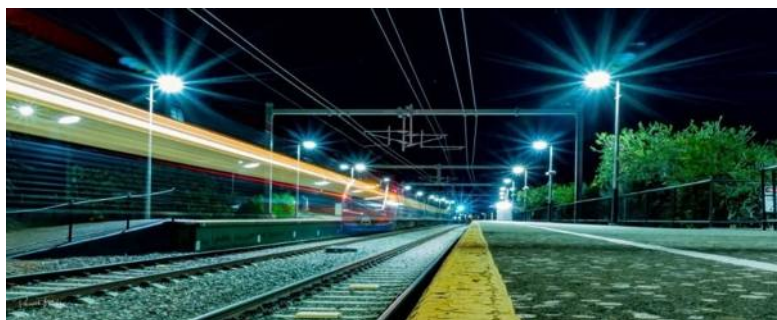


Рис. 3. Освещение

3) Сигнализация и автоматизация

Системы сигнализации и автоматизации для повышения безопасности пассажиров и оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации делятся на световые и звуковые системы, системы видеонаблюдения и разнообразные датчики.

Световая сигнализация выполняет информирующую функцию на высоких платформах. Сигнализируют пассажиров о приближающихся поездах, указывает безопасные зоны или (и) направление к ним. Представляют собой световые указатели на платформах; Информационное табло. Чаще всего работают вместе с системами автоматизации, для обеспечения оперативного снабжая пассажиров о ситуации на железнодорожной станции.

Звуковая сигнализация выполняет схожие функции со световыми системами, но используют другие методы передачи необходимой информации. Динамики расположенные по всему периметру платформы способны информировать пассажиров об обстановке на объекте и подсказать возможные пути решения возникших ситуаций.

Системы видеонаблюдения имеют основные задачи видеонаблюдения является предотвращения преступлений, мониторинг пассажиров, контроль за движением поездов. Камеры, а чаще всего система камер непрерывно наблюдают за обстановкой на платформе, тем самым оказывая психологическое воздействие на пассажира, а в случае происшествия помогут правоохранительным органам (рис. 4).



Рис. 4. Камера слежения

Все системы описанные выше безусловно могут работать самостоятельно, но наибольшая эффективность достигается при использовании датчиков.

Датчики движения и приближения играют важную роль в обеспечении безопасности и повышения эффективности работы всех систем на высоких платформах. Датчики способны контролировать доступ к определенным участкам и вести мониторинг пассажиров. Работа датчиков совместно с системами световой, звуковой сигнализации и системами видеонаблюдения способны контролировать обстановку на высоких платформах, предотвращать и предупреждать об опасности любого типа.

Для обеспечения безопасности на высоких платформах за рубежом используют системы безопасности схожие с отечественными, но в большей степени в них внедрены интеллектуальные системы: искусственный интеллект, видеоанализ, распознавание лиц в режиме онлайн. Ярким примером является станции London Bridge (Лондонский мост) в Великобритании, более 900 камер с искусственным интеллектом образуют интеллектуальную сеть, которая постоянно анализирует человеческий поток и выявляют возможные инциденты. Интеллектуальные системы хоть и упрощают работу сотрудников железнодорожных станций, но полностью заменить человека не смогут, так как требуют высоких финансовых затрат как при установке, так и при обслуживании.

Заключение.

Обеспечение безопасности на высоких платформах железнодорожных станций никогда не теряет своей актуальность. Лишь наоборот с каждым годом системы безопасности развивается и возможно следующим шагом станет внедрение интеллектуальных систем, подобных иностранным или совершенно иных, которые будут разработаны отечественными инженерами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Актуальные вопросы обеспечения комплексной безопасности: материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 375-летию Пожарной охраны России и 300-летию Российской Академии Наук : материалы конференции / под редакцией А. Д. Тарасова. Оренбург : Оренбургский ГАУ, 2024. 1343 с. ISBN 978-5-6051011-8-5. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/450263> (дата обращения: 19.10.2025). URL: для авториз. пользователей.
- 2 Малыгин, Е. А. Технические средства и технологии обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте : учебное пособие / Е. А. Малыгин. Екатеринбург : , 2021. 448 с. ISBN 978-5-94614-496-4. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/246824> (дата обращения: 19.10.2025). URL: для авториз. пользователей.

СЕКЦИЯ 9

Социальное развитие, совершенствование системы подготовки кадров, проблемы образования и воспитания

УДК 378

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Е. П. Аксютин

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современная система образования, особенно профессионального, находится в состоянии динамичного развития, отвечающего на постоянно возрастающие требования общества и производства к выпускникам. В условиях перехода к цифровой экономике и информационному обществу, ключевым становится формирование у обучающихся способности к непрерывному самообразованию, самостоятельному решению профессиональных задач и эффективному использованию информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и цифровых образовательных ресурсов (ЦОР).

Современное общество предъявляет к специалистам требования обладать общими и профессиональными компетенциями, быть готовыми к постоянному саморазвитию и адаптации к быстро меняющимся технологиям.

Компетентность будем рассматривать как способность самостоятельно применять полученные знания, умения и навыки для решения профессиональных задач.

Быстрое развитие телекоммуникационных, облачных, e-learning технологий, цифровизация экономики и расширение функций социальных сетей создают новые вызовы и требуют новых подходов к обучению. В связи с этим, информационные и цифровые технологии являются не просто дополнением к традиционному образованию, а фундаментальным фактором, трансформирующим всю систему обучения [1]. Они предоставляют беспрецедентные возможности для повышения эффективности, доступности и качества образования, отвечая на вызовы современного информационного общества [4, 5].

ИКТ и ЦОР способствуют формированию общих, профессиональных, информационных и коммуникационных компетенций, которые являются критически важными для современного специалиста [2, 3]. Особенно выделяется информационно-проектная технология, позволяющая развивать навыки решения практических задач, работы с информацией и командного взаимодействия.

Рассмотрим особенности организации обучения с применением ИКТ и ЦОР. Выбор соответствующих технологий и ЦОР является многокритериальной задачей (табл. 1), и образовательная организация, для эффективного ее решения реализует следующие этапы:

1. **Выбор средств обучения.**

- 1.1. Учитывает различные виды, формы и средства обучения, применяемые в комплексе, включая аудиторные занятия, практическую работу, самостоятельную работу и консультации.
- 1.2. Оптимально сочетает традиционные (печатные учебники, лекции) и электронные образовательные ресурсы (интерактивные курсы, видеоматериалы, тренажеры, базы данных и знаний).

2. **Разработка контента.**

- 2.1. Образовательный контент должен быть адаптирован для представления в различных форматах (табл. 2), учитывающих особенности восприятия информации разными категориями обучающихся, в том числе с ограниченными возможностями здоровья. Сочетание различных типов контента организует обучение более интересным и эффективным.
- 2.2. Содержание обучения должно быть гибким и модульным, чтобы образовательная организация могла выстраивать индивидуальную траектории обучения.

3. **Организация взаимодействия.**

- 3.1. Создает условия для активного взаимодействия между обучающимися и преподавателями, а также между самими обучающимися.
- 3.2. Использует интерактивные инструменты, такие как форумы, чаты, видеоконференции, для организации дискуссий, обмена опытом и решения совместных задач.
4. **Оценка результатов обучения.**
 - 4.1. Использует различные методы контроля и оценивания результатов обучения, включая тесты, проекты, портфолио, самооценку и экспертную оценку.
 - 4.2. Оценивает не только предметные знания и умения, но и личностные качества, такие как самостоятельность, инициативность, креативность и готовность к сотрудничеству.

Таблица 1

Критерии выбора цифровых ресурсов и информационных технологий

Критерий	Описание	Рекомендации
Назначение	Создание контента, управление обучением, коммуникация, оценка знаний, доступ к информации	Необходим комплексный подход, сочетающий различные типы инструментов
Цели и задачи	Представление материала, закрепление знаний, контроль, развитие мышления, коммуникация	Индивидуализация требует учета целей обучения и потребностей обучающихся
Удобство использования	Интуитивно понятный интерфейс, документация, доступность на разных устройствах, адаптивность	Удобство использования повышает мотивацию и эффективность обучения
Стоимость	Бесплатные, платные, условно-бесплатные	Выбор должен учитывать возможности и бюджет образовательной организации
Тип контента	Текст, графика, аудио, видео, интерактивные материалы	Разнообразие типов контента позволяет учитывать индивидуальные особенности восприятия информации
Способ организации обучения	Индивидуальное, групповое, под руководством преподавателя	Эффективное обучение требует сочетания различных способов организации учебного процесса

Таблица 2

Классификация используемых цифровых образовательных ресурсов по типу контента

Тип образовательного контента	Описание и функциональное назначение
Текстовые материалы	Электронные учебники, статьи, методические пособия, представленные в текстовом формате
Графические материалы	Иллюстрации, схемы, графики, диаграммы, фотографии, позволяющие визуализировать учебный материал
Аудио-материалы	Лекции, подкасты, аудиокнижки, позволяющие воспринимать учебный материал на слух
Видео-материалы	Видеолекции, фильмы, анимации, симуляции, позволяющие представить учебный материал в динамичной и наглядной форме
Интерактивные материалы	Тесты, тренажеры, симуляции, игры, позволяющие активно взаимодействовать с учебным материалом и получать обратную связь

Варианты применения и возможности использования ИТ и ЦОР для организации обучения и подготовки специалистов представим с примерами:

Во-первых, адаптивное обучение предполагает использование алгоритмов машинного обучения для анализа успеваемости и потребностей каждого обучающегося и автоматической адаптации контента, темпа и сложности обучения. Например, система предлагает более сложные задания тем, кто успешно справляется с базовым уровнем, и предоставляет дополнительные материалы и поддержку тем, кто испытывает трудности.

Во-вторых, персонализированные рекомендации для подбора наиболее подходящих курсов, учебных материалов и ресурсов на основе интересов, целей и уровня подготовки каждого обучающегося. Например, система рекомендует курсы по финансовому анализу тем, кто интересуется инвестициями, и курсы по управлению проектами тем, кто планирует работать в этой области.

В-третьих, микрообучение или разработка коротких, сфокусированных учебных модулей, которые могут быть легко освоены в любое время и в любом месте. Микрообучение позволяет обучающимся получать необходимые знания и навыки в удобном для них формате, а также быстро адаптироваться к новым требованиям рынка труда.

В-четвертых, геймификация, которая использует игровые элементы, такие как баллы, уровни, рейтинги и награды, для повышения мотивации и вовлеченности обучающихся. Например, геймификация используется для закрепления знаний, отработки навыков и развития творческого мышления.

Эффективное использование ИКТ и ЦОР требует не только знания инструментов, но и понимания их возможностей для решения конкретных задач [2, 3]. Как правило, хороший специалист или руководитель обладает качествами и компетенциями, которые включают в себя: анализ данных для оценки реальной ситуации; принятие решений на основе анализа информации; продвижение конкретных идей, проектов (маркетинговая деятельность), а также управление этими проектами.

Рассмотрим варианты применения информационных технологий и цифровых ресурсов, которые обучить студентов не только работе с программами, но и применить эти инструменты для анализа данных, принятия решений и реализации маркетинговых стратегий. Выбор конкретных инструментов зависит от целей обучения, уровня подготовки обучающихся и их доступности (табл. 3).

Таблица 3

Варианты применения цифровых и информационных технологий при организации обучения и формированию профессиональных навыков

Профессиональный навык	Информационные и цифровые технологии	Задачи профессиональной деятельности	Цели применения, преимущества и особенности использования
Анализ данных	1. Microsoft Excel, Яндекс Таблицы, Google Sheets 2. Tableau, Power BI	1. Анализ финансовых отчетов, данных о продажах, маркетинговых кампаниях. 2. Создание интерактивных дашбордов для визуализации результатов анализа	1. Возможность самостоятельного выбора данных для анализа, адаптация сложности задач под уровень подготовки. 2. Визуализация данных в удобном формате, получение мгновенной обратной связи
Управление проектами	1. Trello, Asana, Jira, Kaiten, WEEEK, ПланФикс, Мегалан 2. Microsoft Project, GanttProject, Asana	1. Организация и планирование проектов, распределение задач, отслеживание сроков 2. Создание диаграмм Ганта, определение критического пути	1. Выбор проектов, соответствующих интересам и уровню подготовки, возможность работы в команде или индивидуально 2. Визуализация прогресса и выявление проблем на ранних стадиях
Маркетинг	1. Mailchimp, Send-Pulse 2. Hootsuite, Buffer 3. Google Analytics, Яндекс.Метрика	1. Создание и автоматизация email-рассылок, таргетинг 2. Планирование и автоматизация публикаций в социальных сетях 3. Анализ эффективности маркетинговых кампаний	1. Самостоятельный выбор инструментов и стратегий маркетинга, возможность экспериментировать и анализировать результаты 2. Адаптация контента под интересы и потребности целевой аудитории
Принятие решений	1. Инструменты для анализа рисков 2. Системы поддержки принятия решений (DSS)	1. Моделирование различных сценариев развития событий, оценка рисков и возможностей 2. Анализ данных, построение моделей и выбор оптимального решения на основе заданных критериев	1. Возможность самостоятельно оценивать риски и принимать решения в условиях неопределенности 2. Учет индивидуальных предпочтений и критериев при выборе оптимального решения

Таким образом, цифровые образовательные ресурсы обладают огромным потенциалом для кардинального изменения образовательного процесса, делая его более эффективным, гибким, доступным и ориентированным на развитие личности. Реализация этого потенциала требует не только

технологических инноваций, но и глубокой переосмысления педагогических подходов, непрерывного профессионального развития преподавателей и создания поддерживающей, адаптивной образовательной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Горшкова, В. В. Цифровая трансформация в системе современного образования / В. В. Горшкова // Актуальные вопросы современной науки и образования в ознаменование 80-летия Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 годов : Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Мурманск, 26 февраля 2025 года. Чебоксары: ООО «Издательский дом «Среда», 2025. С. 192-199. EDN PIKSEB.
- 2 Владимирова, Е.С. Использование цифровых технологий в образовательной среде учреждений высшего образования / Е.С. Владимирова // Оригинальные исследования. 2023. Т. 13. № 4. С. 187-195. EDN: TWEWWN.
- 3 Скибин, Ю. В. Рефлексивное обучение информационным технологиям / Ю. В. Скибин, Е. Е. Рындина // Современные инновационные образовательные технологии в информационном обществе : Сборник статей XV Международной научно-методической конференции, Пермь, 20 марта – 28 марта 2023 года. Пермь: Пермский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова», 2023. С. 211-217. EDN PPMMEK.
- 4 Штода, Н. И. Риски цифровой трансформации образования в России / Н. И. Штода // Актуальные проблемы экономики, управления и права: сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Московский городской педагогический университет, 15 марта 2024 года. Саратов: Саратовский источник, 2024. С. 369-370. EDN SRJELN.
- 5 Цифровая трансформация в России: перспективы и сложности [Текст: электронный] 2022. URL: <https://1d.media/industry/alldigital/17328?ysclid=lt7eidtxod269820676> (дата обращения: 07.10.2025).

УДК 378.147

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ХИМИИ У СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Е. П. Артемьева

Уральский государственный университет путей сообщения

Введение. Семинары и их разновидности (лекции-семинары, семинары-практикумы) как форма учебного занятия часто используются в учебном процессе при преподавании химии [1: 260, 2: 124]. Для студентов первого курса инженерных специальностей транспортного вуза изучение химии может показаться второстепенной задачей на фоне профильных дисциплин. Однако понимание химических процессов лежит в основе таких областей, как химические источники тока, коррозия и защита металлов от нее, разработка новых материалов для подвижного состава и инфраструктуры. Семинарские занятия, в отличие от лекций, предоставляют уникальную возможность не просто передать знания, но и сформировать у студентов умение применять фундаментальные законы для решения практических задач [3: 124]. Тему «Строение атома и периодический закон Д. И. Менделеева» рекомендуется рассмотреть на семинарском занятии, так как на конкретных примерах можно обсудить причинно-следственные связи между строением атом и периодичностью свойств химических элементов.

Постановка задачи. Целью данной работы была разработка методики проведения семинарского занятия «Строение атома и периодический закон Д. И. Менделеева» в рамках курса химии в Уральском государственном университете путей сообщения (УрГУПС). Студенты инженерных специальностей осваивают дисциплину «Химия» на первом курсе.

Полученные результаты и их практическое приложение. Курс «Химия» в УрГУПС составлен в соответствии образовательными стандартами. Одно из занятий посвящено изучению строения атома и периодическому закону.

- Устный опрос студентов включает следующие вопросы:
 1. Современная формулировка периодического закона Д. И. Менделеева.
 2. Общее представление о строении атома. Связь строения атома с положением элемента в периодической системе химических элементов (ПСХЭ).
 3. Квантовые числа: главное, орбитальное, магнитное и спиновое. Значение квантовых чисел.

4. Распределение и максимально возможное количество электронов на энергетических уровнях и подуровнях в соответствии с квантовыми числами.
5. Общий порядок заполнения энергетических уровней и подуровней в атомах химических элементов при последовательном увеличении зарядов их ядер.
6. Строение атомов химических элементов главных и побочных подгрупп ПСХЭ.
7. Электронные аналоги.
8. Связь электронного строения атомов и их ионов с химическими свойствами (способностью отдавать и присоединять электроны, изменением химических свойств элементов в группах и периодах ПСХЭ).

Вопросы к семинару выдаются за две недели до его начала.

- После устного опроса студенты совместно с преподавателем разбирают строение атома и физико-химические свойства одного-двух химических элементов, один из которых проявляет металлические свойства, а другой – неметаллические.
- В конце занятия проводится небольшая самостоятельная работа, в рамках которой студент должен письменно разобрать два химических элемента. Это задание позволяет закрепить изученный материал, проверить на практике умение самостоятельно составлять электронную конфигурацию атома и служит формой текущего контроля усвоения темы.

Пример контрольного задания

Ответьте на следующие вопросы о химических элементах с порядковыми номерами № 6 и № 81: 1) укажите заряд ядра атома и число электронов у данного элемента; 2) составьте электронную конфигурацию атома данного элемента и подчеркните валентные электроны; 3) к какому электронному семейству относится данный элемент и почему? 4) какие свойства (металлические или неметаллические) характерны для данного элемента? 5) напишите значения высшей и низшей степеней окисления для данного элемента и соответствующие полуреакции окисления – восстановления; 6) составьте графические формулы оксида данного элемента в высшей степени окисления; 7) составьте графическую формулу летучего водородного соединения данного элемента в низшей степени окисления (если возможно).

Рис. 1. Пример контрольного задания по теме «Строение атома и периодический закон Д. И. Менделеева» [4: 9]

Пример ответа должен выглядеть следующим образом:

Углерод – химический элемент IV группы периодической системы.

1. ${}_6\text{C} (6e^-)$
2. Электронная конфигурация атома: $1s^2 2s^2 2p^2$
3. Так как в последнюю очередь по правилу Клечковского заполняется p -подуровень, то это p -элемент.
4. Неметалл.
5. Высшая степень окисления +4. Полуреакция окисления:
 $\text{C}^0 - 4e^- \rightarrow \text{C}^{+4}$.
- Низшая степень окисления –4. Полуреакция восстановления:
 $\text{C}^0 + 4e^- \rightarrow \text{C}^{-4}$.
6. Графическая формула диоксида углерода (углекислого газа) CO_2 :
 $\text{O} = \text{C} = \text{O}$.



Рис. 2. Пример письменного разбора химического элемента [4: 9]

Выводы. Проведение семинарских занятий по теме «Строение атома и периодический закон Д. И. Менделеева» с опорой на квантово-механические представления позволяет не просто заучить факты, но и сформировать у будущих инженеров-транспортников системное понимание. Умение анализировать положение элемента в ПСХЭ, предсказывать его свойства, окислительно-восстановительную активность и характер образуемых соединений является важным для решения профессиональных задач: от выбора антикоррозионного покрытия для вагона до разработки новых катализаторов для очистки выхлопных газов. Таким образом, семинар как форма учебного занятия помогает готовить более компетентных специалистов для транспортной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Калмыкова О. Ю., Соловова Н. В. Методическое обеспечение на основе адаптивной системы организации семинара-практикума по общей и неорганической химии в вузе // Вестник СамГУ. 2008. № 4 (63). С. 259–266.
- 2 Колотова Г. К. Использование лекций-семинаров при изучении химии // Инновационные технологии в управлении качеством образования: Материалы региональной научно-методической конференции. Благовещенск: ДалГАУ, 2012. С. 123–127.
- 3 Самойлик Л. С., Медведев А. А. Из опыта проведения семинаров по химии // Международное образование и сотрудничество. Москва: МАДИ, 2012. С. 124–126.
- 4 Артемьева Е. П., Соколов В. Н., Никольская Н. Ю. Химия: методические рекомендации по подготовке и оформлению контрольной работы. Екатеринбург: УрГУПС. 2019. 86 с.

УДК 37.016:53

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАПРЕДМЕТНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСРЕДСТВОМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ С ИСТОРИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В КОНТЕКСТЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

М. В. Башаркин¹, Е. Ю. Шестакова¹, Ю. В. Башаркина²

¹Приволжский государственный университет путей сообщения

²Самарский государственный социально-педагогический университет

Введение. Современные требования Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) предусматривают не только получение знаний по конкретным предметам, но и метапредметные результаты, под которыми понимают универсальные учебные действия (УУД), обеспечивающие освоение ключевых компетенций в части умения учиться [1: 104, 2: 292]. В связи с этим актуальной задачей современной методики преподавания школьных дисциплин, в том числе физики, является разработка педагогических средств, позволяющих сформировать указанные компетенции. Использование задач с историческим содержанием выступает в качестве такого средства, а также позволяет заинтересовать школьников при решении задач на уроках физики по сравнению с абстрактными. Кроме того, внедрение таких задач в образовательную программу способствует повышению качества профориентационной деятельности и перехода к контекстному образованию [3: 15]. В отличие от многих зарубежных университетов, где студенты определяются со специальностью в процессе обучения, отечественная система образования предусматривает выбор направления подготовки при поступлении в вуз. Таким образом, технология контекстного обучения в рамках получения среднего и основного общего образования позволит обучающимся сделать осознанный выбор будущей специальности.

Основная часть. Для привлечения интереса к будущим профессиям в вузах активно проводятся профориентационные мероприятия. Так, на базе Приволжского государственного университета путей сообщения благодаря гранту Общероссийского общественно-государственного движения детей и молодежи «Движение Первых» в 2025 году организована детская академия транспорта. Главная цель – создание устойчивого интереса к профессиям транспортной отрасли, повышение престижа транспортного образования среди молодежи. В рамках работы детской академии транспорта более 2,5 тысяч школьников из Самары и населённых пунктов Самарской области в игровой форме узнали о железнодорожных профессиях, провели тематические эксперименты, прошли обучение на VR-тренажерах [4].

Развитию профориентационной деятельности способствуют также студенческие проекты, направленные на повышение интереса как к железнодорожным, так и к инженерным профессиям в целом. На кафедре «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Приволжского государственного университета путей сообщения при непосредственном участии авторов статьи разработан проект «Стать инженером легко», ставший финалистом трека «Делаю» всероссийского конкурса «Твой Ход». Проект предусматривает создание информационного буклета, на каждой странице которого представлен перечень вузов, осуществляющих подготовку по выбранной профессии, и её краткое описание. Для удобства в центре страницы размещён QR-код на сайт, где можно более подробно ознакомиться с заинтересовавшей профессией (рис. 1).



Рис. 1. Информационный буклет «Стать инженером легко»

Также в рамках проекта разработаны игры, направленные на избавление от стереотипа о том, что инженерное дело – это сложно. Один из примеров – игра «Распутай нить» (рис. 2). Она показывает, что чтение электрических принципиальных схем является увлекательным процессом и, при качественной подготовке, он не сложнее, чем обычная детская забава.

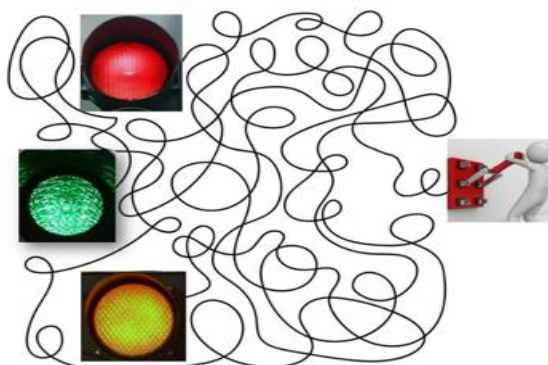


Рис. 2. Игра «Распутай нить»

Однако помимо представленных мероприятий, повышать устойчивый интерес к будущей профессии необходимо на постоянной основе в рамках образовательного процесса. История становления и развития железнодорожного транспорта демонстрирует школьникам, как теоретические законы физики воплощаются в реальные инженерные решения. Каждый технологический прорыв – от примитивных паровозов Стефенсона до современных «Сапсанов» – стал возможен благодаря глубокому пониманию фундаментальных физических принципов.

Использование этого опыта на уроках физики открывает перед педагогами широкие возможности:

- наглядно прослеживается поэтапное развитие технической мысли по совершенствованию паровых механизмов в работах выдающегося русского изобретателя-теплотехника, создателя первой в России паросиловой установки Ивана Ивановича Ползунова, предопределившего появление совершенно новых типов двигателей;
- воссоздать в учебном процессе инженерные задачи, стоявшие перед изобретателями прошлого;
- продемонстрировать межпредметные взаимосвязи таких дисциплин, как физика, математика, технология.

Работа с такими задачами целенаправленно формирует все группы УУД:

- познавательные: анализ исторической технической проблемы, выдвижение гипотез, установление причинно-следственных связей (почему паровоз не мог развить высокую скорость?), моделирование физических процессов;
- регулятивные: планирование этапов решения задачи, оценка полученного результата в контексте исторической реальности, внесение изменений в свои действия;
- коммуникативные: участие в дискуссии по выбору оптимального технического решения, аргументация своей позиции на основе законов физики.

Особую ценность представляет то, что такой подход позволяет преодолеть разрыв между абстрактными физическими формулами и их практическим применением. Ученик начинает ценить физику как дисциплину, когда видит, как простое уравнение, представленное в учебнике, помогло инженерам прошлого решить реальную проблему.

Рассмотрим примеры задач с историческим содержанием, решаемых на уроках физики в контексте железнодорожного транспорта [5].

1. Тема: «Сила трения» (7 класс). Исторический контекст: «Первые рельсы в рудниках были деревянными, а вагонетки тянули лошади (рис. 3). С изобретением паровоза и переходом на стальные рельсы и колеса возникла проблема: при определённых условиях колесо могло проскальзывать на месте, не сдвигая поезд с места».



Рис. 3. Шахтная железная дорога на конной тяге

Задача: «Рассчитайте максимальную силу тяги F_t паровоза массой $m = 75 \cdot 10^3$ кг, если коэффициент трения скольжения между стальным колесом и стальным рельсом $\mu = 0,25$. Для чего следует посыпать рельсы песком перед поездом в начале его движения? Сравните силу трения покоя для сухих и влажных рельсов. Сделайте вывод о факторах, влияющих на качество сцепления колеса с рельсом».

Решение этой задачи позволяет сформировать следующие УУД: анализ условий, работа с графиками и таблицами, установление причинно-следственных связей, построение логического рассуждения.

2. Тема: «Тепловые двигатели. Цикл Карно» (10 класс). Исторический контекст: «В 1834 году отец и сын Черепановы построили первый в России паровоз (рис. 4). Его паровой двигатель имел крайне низкий коэффициент полезного действия (КПД). Вопрос повышения КПД паровозов был ключевым для развития железнодорожного транспорта».



Рис. 4. Паровоз Черепановых

Задача-исследование: «Используя данные о температуре пара в котле ($T = 150^\circ\text{C}$) и температуре окружающей среды ($T' = 20^\circ\text{C}$), рассчитайте теоретически возможный КПД паровоза Черепановых по циклу Карно. Объясните, почему реальный КПД был значительно ниже. Предложите инженерные решения, которые позволили бы повысить КПД парового двигателя с точки зрения термодинамики».

Формируемые УУД: выдвижение и проверка гипотез, моделирование, анализ и синтез информации, аргументация.

3. Тема: «Электromагнитная индукция» (9 класс). Исторический контекст: «В 1879 году Вернер фон Сименс представил на Берлинской промышленной выставке первую железную дорогу на электрической тяге. Электрический ток напряжением 160 В передавался к двигателю по отдельному контактному рельсу, обратным проводом служили рельсы, по которым со скоростью 7 км/ч двигался поезд, состоявший из трёх миниатюрных вагончиков, скамейки которых вмещали по 6 пассажиров (рис. 5). Это положило начало новой эре в транспорте».



Рис. 5. Первая в мире железная дорога на электрической тяге (1879 г.)

Задача: «Объясните принцип работы электромагнитного тормоза, используемого в современных поездах и трамваях. Как в нём применяется явление электромагнитной индукции? Рассчитайте силу торможения, возникающую в таком тормозе, при известных параметрах».

Формируемые УУД: умение применять теоретические знания для объяснения работы современных устройств, решение практико-ориентированных задач.

Заключение. Результаты проведённого исследования показывают, что задачи с историческим содержанием в контексте развития железнодорожного транспорта являются эффективным средством формирования метапредметных образовательных результатов на уроках физики. При этом наблюдается существенный рост заинтересованности учащихся. Ученики перестают воспринимать физику как набор абстрактных формул, видя её непосредственную связь с примерами из реальной жизни. Заметно активизируется развитие всех компонентов универсальных учебных действий. Ученики естественным образом осваивают навыки познания, регуляции и коммуникации в процессе решения практических задач. Формируется целостное научное мировоззрение. У школьников развивается инженерное мышление, они начинают понимать взаимосвязь различных явлений и процессов. Предложенный подход выступает как эффективное дополнение к традиционным методам обучения, обогащающее педагогический процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Проектирование универсальных учебных действий в старшей школе / А. Г. Асмолов, Г. В. Бурменская, И. А. Володарская [и др.] // Национальный психологический журнал. 2011. № 1(5). С. 104-110.
- 2 Павловская, Н. Г. Исторический материал по физике как средство формирования метапредметных образовательных результатов при обучении в школе / Н. Г. Павловская // Актуальные вопросы физико-математического образования : Материалы межрегиональной студенческой научно-практической конференции, Грозный, 29 апреля 2021 года. Грозный: Чеченский государственный педагогический университет, ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2021. С. 291-300.
- 3 Вербицкий, А. А. Единство обучения и воспитания в контекстном образовании / А. А. Вербицкий // Фундаментальные и прикладные проблемы педагогики и психологии в образовательном и социальном контекст : материалы международной конференции, Москва, 13–15 декабря 2019 года / Московский педагогический государственный университет. Москва: Московский педагогический государственный университет, 2020. С. 11-16.
- 4 Школьники Самарской области поступили в Детскую академию транспорта // Приволжский государственный университет путей сообщения. URL https://www.samgups.ru/news/454shkolniki_samarskoy_oblasti_postupili_v_detskuyu_akademiyu_transporta (дата обращения: 14.10.2025).
- 5 История железнодорожного транспорта России XIX-XXI вв / Е. И. Пивовар, Т. Г. Архипова, Ю. П. Бокарев [и др.]. Москва : Издательский дом Мещерякова, 2012. 736 с. ISBN 978-5-91045-509-6.

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ МОБИЛЬНОСТЬ КАК УНИВЕРСАЛЬНАЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ

И. А. Васельцова, В. Е. Кукавский

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Стремительные изменения, происходящие в сфере занятости, усложняют условия реализации профессиональной деятельности, что, в свою очередь, определяет характеристики специалиста, которые позволяют поддерживать нормативно заданные трудовые функции.

Исследователи отмечают, что стремительность перемен превратила промышленные корпорации в перманентно меняющиеся «турбулентные системы» [1; 3]. В соответствии с данными вызовами в перечень обязательных результативных характеристик профессиональной подготовки ФГОС ВО (3 ++ поколения) включены универсальные компетентности, обуславливающие эффективное вхождение и развитие в изменяющихся условиях профессионального мира. Вхождение цифрового контента, усложнение технологической основы производства требуют от специалиста наличия инициативности, гибких навыков, способностей к самостоятельному пополнению знаний или «навыков мышления высокого порядка», направленности на эффективную коммуникацию, саморазвитие и самоорганизацию [5].

Обращение к проблемам профессионального образования позволило исследователям ввести в категориальный аппарат педагогической науки понятие «профессиональная мобильность» [2; 4]. Сущностные характеристики данного термина отражают основные тенденции образовательной и профессиональной сфер деятельности, ориентированные на динамику и непрерывность саморазвития. Вместе с тем, необходимо отметить, что профессиональная мобильность специалиста относится к сложным конструктам (интегративным характеристикам личности). Содержательное наполнение и структура данного конструкта во многом определяется спецификой и особенностями конкретной профессиональной деятельности. Что требует особого подхода к моделированию и определению диагностического инструментария. Обозначенная позиция позволяет учитывать достижения отечественных и зарубежных научных школ, связанных с проектированием и оценкой образовательных результатов.

В рамках компетентностного подхода международный проект ANELO, разрабатывал проблему измерения результатов высшего образования в контексте оценки способностей студентов применять полученные в ходе обучения знания и навыки для решения реальных проблем, связанных с их будущей профессиональной деятельностью. В рамках проекта рассматривались семнадцать образовательных систем, в том числе США, Россия, Австралия, Япония и др. Несмотря на огромную выборку проект не в полной мере решил проблему формирования международных стандартов и метрик для оценки компетентностей студентов из-за наличия лингвистических, межкультурных и межвузовских отличий.

В России независимое оценивание результативных характеристик сформированности универсальных и профессиональных компетентностей проводилось в рамках международного проекта SUPERtest. Данное исследование позволило оценить изменения компетентности студентов компьютерных наук и электронной инженерии в процессе обучения и сопоставить результаты с данными, полученными в Китае, Индии, США. Полученные исследовательские материалы позволили сделать вывод о наличии тревожной ситуации в области развития критического мышления у студентов российских вузов. Эмпирический анализ показал, что в подавляющем большинстве образовательных программ сформированность универсальных компетентностей не рассматривается в результатах обучения, формулировки УК недостаточно конкретны. Это приводит к наличию рисков снижения мотивации студентов к решению задач, направленных на их развитие и оценку. Недостаточна концептуальная ясность в содержательно определении универсальных компетенций, их непредметный характер, отсутствии единой инструментальной базы для их оценивания существенно усложняют процесс их формирования и диагностирования.

Мобильность, как характеристика личности, в российском образовании изначально связана с наличием академической мобильности, позволяющей свободно перемещаться в образовательном пространстве и обмениваться опытом. В дальнейшем исследователи обращались к вопросам формирования социальной мобильности и ее непосредственной связи с возможностью трудоустройства и территориальных перемещений [4]. В контексте данной работы способности, связанные с академической и пространственной динамикой, являются структурными компонентами в системном образовании, определяемом как профессиональная мобильность. Основная целевая направленность профессиональной мобильности проявляется не в вертикальных и горизонтальных кадровых перемещениях, а в проявлении способностей изменять

собственную деятельность для достижения актуальных результатов. Следовательно, профессиональную мобильность, можно отнести к разряду универсальных компетентностей и определить ее как интегративную характеристику личности, которая определяется субъектностью, активностью и требовательностью к себе, направленностью на саморазвитие, самоорганизацию и раскрытие личностных потенциалов в соответствии с меняющимися условиями профессиональной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бураева, В. Г. Сущность и содержание профессиональной мобильности студентов как педагогической категории / В. Г. Бураева // Вектор науки ТГУ. Серия: Педагогика, психология. 2014. №3(18). С. 51–54.
- 2 Зеер, Э. Ф. Профессиональная мобильность – интегральное качество субъекта инновационной деятельности / Э. Ф. Зеер, С. А. Морозова, Э. Э. Сыманюк // Педагогическое образование в России. 2011. №5. С. 90–97.
- 3 Игошев, Б. М. Сущностно-логический анализ мобильности как межнаучного понятия / Б. М. Игошев // Педагогическое образование в России. 2014. №1. С. 105–111.
- 4 Малыгина, О. А. Формирование профессиональной мобильности бакалавров в техническом университете / О. А. Малыгина // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2011. Выпуск 129. С. 127–134.
- 5 System of formation of psychophysical potential of transport industry specialists' development / I. A. Vaseltsova, N. V. Loginov, A. L. Zolkin [et al.] // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences : AmurCon 2021: International Scientific Conference, Birobidzhan, 17 декабря 2021 года. Vol. 126. Birobidzhan: European Publisher, 2022. P. 1034-1040. DOI 10.15405/epsbs.2022.06.114. EDN CEANZQ.

УДК 371.3

УЧЕБНЫЙ КУРС «ОСНОВЫ РОССИЙСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОСТИ»: МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕЧАНИЯ. РАБОТА С ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТОЙ

О. Б. Воробьева

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Дисциплина гуманитарного цикла «Основы российской государственности» функционирует в системе высшего образования три года, за которые ведущие ученые страны, преподаватели смогли предложить теоретический материал изучения курса и методическую базу его освоения студентами. Дисциплина выполняет воспитательную, образовательную, идеологическую (мировоззренческую) функцию, ориентируя молодежь в современном модернизирующемся мире [1: 139-140]. Работа продолжается, и специалистами будет сделано еще много организационных и методических шагов [2: 426]. Данная статья – вклад в копилку преподавания новой дисциплины ВУЗа.

Педагогический опыт преподавания ОРГ показал, что дисциплина вызывает интерес студенческой аудитории. Он определен тем, что этот учебный курс – о нашем, родном «обществе» – России; фундаментом дисциплины выступают гуманитарные науки, философское преломление их исканий; использование качественных видеоматериалов, подготовленных обществом «Знание». Однако, наметились и сложности в изучении курса студенческой аудиторией.

Основная часть. Рабочая программа дисциплины содержит в себе раздел «Что такое Россия». Расположение и протяженность территории страны, ее соседи, природные ресурсы и так далее – первые «знаниевые» элементы в преподавании курса. Но обращение студенческой аудитории к географической карте страны выявило сложности с ее владением. Как правило, местонахождение на карте домашнего региона студенту известно, однако, локализация на ней других субъектов РФ вызывает затруднения. И это не говоря уже о сложностях данного вопроса для иностранных студентов. Считаем целесообразным введение в изучение курса обязательного элемента – знание административно-территориального устройства страны. Он реализуется при наличии в аудитории карты с субъектами РФ и Конституции страны: Глава 3, Статья 65 отражает их многообразие. В течении семестра перед промежуточной аттестацией необходимо получить положительную оценку за владение картой России, отражающей ее федеративное устройство. В данной учебной деятельности мы рекомендуем практиковать работу в малых группах, в которых назначается ответственный за свою команду (как правило владеющий картой страны вызывается самостоятельно на эту роль). Обучающая роль внутри группы каждого студента, контроль при индивидуальном отчете члена команды позволяют успешно справиться с заданием. Более того, такая форма работы станет удачным методическим приемом в случае обучения в группе студентов из других стран.

Вуз – территория науки и образования. Этот аспект может быть затронут при изучении материала курса о героях страны, о выдающихся людях в истории России и современности. Разговор на занятиях ОРГ об ученых России, обеспечивших ей место ведущей державы в научном прогрессе, может быть выстроен в форме занятия - конференции. На ней студент (или группа студентов) выступает с докладом (презентацией) о личности в науке, научной школе, истории открытия в стране Академии наук, первого университета и так далее. Карта России продемонстрирует место рождения и трудовой путь ученого, локализацию в регионах страны ведущих вузов по отраслям науки.

Безусловно, говорить надо в том числе о высших учебных заведениях, связанных с судьбой студента. Так, обучаясь в вузе, готовящем кадры для ОАО «РЖД», можно осветить вопрос появления в России первого транспортного вуза (имена) и распространения транспортного образования (ж/д) в стране. Места функционирования современных вузов путей сообщения демонстрирует карта России, показывая охват всех регионов и сетью железных дорог, и образовательными учреждениями подготовки специалистов для данной отрасли. Служение своему делу начинается с понимания достигнутых масштабов и потенциала выбранной студентом компании – работодателя. Курс «Основы российской государственности», формирующий патриотизм и идентичность, не может не коснуться профессионального выбора студента.

Следующий аспект, знакомящий студентов с Россией, – ее многонациональный народ. География проживания того или иного народа складывает представление о культурном многообразии и национальных особенностях того или иного субъекта страны, а также способствует раскрытию вопроса об истории образования федерации.

Данная работа может быть предложена в качестве домашнего задания в форме презентации (доклада) с тематическим названием «Народы РФ». Возможна как индивидуальная, так и групповая работа при подготовке и отчету по заданию на практическом занятии. Студентам предлагается список народов, населяющих Сибирь, Дальний Восток, Урал, Север Европейской части, Поволжье, Крым, Северный Кавказ, а также тема о русском народе. Место проживания народов РФ в большинстве своем, закреплённое историей, демонстрируется обучающимися на административно-политической карте страны.

Освещение материала по выбранной группе народов (или отдельному народу) осуществляется в рамках плана. Он включает в себя вопросы о численности народа в России и по ее регионам с использованием данных Росстата и обращением к карте РФ; демонстрацию в презентации народного костюма, быта народа; рассказ о его традициях и праздниках, промыслов и ремеслах и так далее. Большое внимание в подготовке студентом материала, в том числе презентационного, уделяется героям – представителям народа, в том числе Великой Отечественной войны и настоящего времени.

Географические особенности территории проживания любого народа определяли его национальный характер, психологические особенности: степная широта души, взаимовыручка в сложные периоды, уважение к природным дарам и так далее. География – значимый фактор выстраивания исторических траекторий культуры и политики народов и страны в целом [5]. Этнографическая и природно-климатическая карты наглядно «свяжут» природную среду с особенностями менталитета народов и их развитием в пространстве и времени. Как отмечает Н.Н. Баранский: «Географически мыслит тот, кто в достаточной мере привык обращать внимание на различия от места к месту не только по природным условиям, но и по историческим судьбам» [3: 143].

Выводы. Дисциплина высшего образования «Основы российской государственности», обеспечиваемая материалами гуманитарных дисциплин, расширяет свои рамки, вобрав в себя элементы естественно-научного направления – географии страны, картографии. Иммануил Кант, известный своими работами не только в философии, но и в естествознании, считал географию основой исторического процесса [4]. Надо отметить, что в таком методическом подходе, в свою очередь, прогнозируемо влияние идей специалистов - гуманитариев, расширяющих научную базу курса ОРГ, на гуманитарную географию как активно развивающееся направление современности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бродовская Е. В., Тюков Н. А., Лукушин В. А., Никулин Е. Р. Курс «Основы российской государственности» в вузах: общественно-политические эффекты в социальных медиа // Высшее образование в России. 2025. Т. 34. № 2. С. 136-157.
- 2 Сорокина А. И., Мальцева А. С. Формирование основ российской государственности в вузах // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2023. № 20. С. 423-427.
- 3 Баранский Н.Н. Экономическая география. Экономическая картография. М.: Гос. изд-во географии, лит.-ры, 1960. 450 с.
- 4 Гульга А. В. Кант. М.: Молодая гвардия, 1977. 304с.
- 5 Голубчиков Ю. Н. Географическая детерминанта исторического процесса // Астраханский вестник экологического образования. 2013. №1 (23). С. 57-73.

ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ И ВОСПИТАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ: ДИАГНОСТИКА СОВРЕМЕННОГО КРИЗИСА

В. М. Емелина

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. В современном мире образование и воспитание нового поколения сталкиваются с масштабными вызовами, которых прежде не существовало. Глобальные социальные и технологические процессы изменили структуру общества, образ жизни и способы восприятия информации. Современные дети и подростки живут в условиях постоянного потока данных, высокой скорости коммуникаций и огромного количества источников влияния. Эти изменения затронули не только методы обучения, но и саму суть воспитания, поставив под сомнение прежние педагогические принципы. Классическая система, созданная в эпоху стабильных общественных норм и линейной передачи знаний, уже не соответствует запросам динамичного и цифрового общества.

Традиционные образовательные практики, основанные на заучивании и репродуктивных методах, теряют эффективность. Учебные программы не всегда успевают за развитием технологий, что приводит к несоответствию между знаниями, получаемыми в школе, и компетенциями, востребованными в реальной жизни. Молодежь оказывается неготовой к самостоятельному решению сложных проблем, критическому анализу информации и адаптации к быстро меняющимся условиям. Это проявляется в дефиците функциональной грамотности, низкой мотивации к обучению и утрате внутреннего интереса к познанию.

Исследователи отмечают, что образовательная система переживает глубокий кризис, отражающий противоречие между требованиями общества и возможностями современной школы. В работе «К вопросу о кризисе образования в современной России» Аврамкова подчеркивает, что обучение в стране по-прежнему строится на принципах индустриальной эпохи [1]. Основной акцент делается на контроле знаний, стандартизированных результатах и формальной отчетности, тогда как формирование личности и развитие творческого потенциала остаются на периферии. Это приводит к снижению доверия к институту образования и ощущению, что школа не выполняет свою главную задачу – готовить человека к жизни в быстро меняющемся мире.

Серьезные проблемы наблюдаются и в воспитательной сфере. Молодежь растет в цифровом пространстве, где источниками социализации становятся не семья и школа, а социальные сети, блогеры и массовая культура. В условиях информационной перегрузки традиционные ценности и авторитеты теряют устойчивость. У подростков формируются фрагментарные представления о мире, в которых моральные ориентиры подменяются внешними стимулами – лайками, просмотрами, рейтингами. Это формирует зависимость от одобрения и снижает способность к самооценке и рефлексии.

Авторы статьи «Современные проблемы обучения, воспитания, образования» обращают внимание на разрыв между учебной и воспитательной функцией школы [2]. Образование часто сводится к механическому усвоению информации, а воспитательная составляющая воспринимается как второстепенная. В результате знания и ценности перестают быть связанными. Ученик может хорошо знать теорию, но не иметь устойчивых моральных принципов и не понимать, как применять знания для созидания и помощи другим. Эта ситуация формирует поколение, у которого преобладают индивидуализм и ориентация на личный успех, но при этом ослабевает чувство ответственности перед обществом.

Еще одна проблема заключается в том, что современные дети воспитываются в условиях сниженного внимания взрослых. Родители часто перегружены работой, а школа нередко ограничивается административными задачами. В итоге эмоциональное развитие ребенка происходит стихийно, под влиянием внешней среды. У подростков снижается уровень эмпатии, терпимости и умения строить конструктивные отношения. Отсюда растет количество конфликтов, агрессии и замкнутости. Без духовно-нравственного воспитания даже самые современные технологии обучения не обеспечат гармоничного развития личности.

Цифровизация, несомненно, стала одним из важнейших факторов, влияющих на образование. Как отмечает Н. Ш. Козлова в статье «Цифровые технологии в образовании», новые инструменты предоставляют огромные возможности для индивидуализации обучения, интерактивности и расширения доступа к знаниям [3]. Однако при отсутствии педагогической концепции они могут стать источником поверхностного мышления и зависимости от гаджетов. Проблема не в самих технологиях, а в способе их использования. Технологии должны помогать педагогу развивать самостоятельность, критическое мышление и творческий подход, а не заменять живое общение и личностное взаимодействие.

Существует риск, что цифровизация приведет к обесцениванию роли учителя. Однако именно педагог остается ключевой фигурой в образовательном процессе. Его задача – не только передавать знания, но и помогать ребенку выстраивать личные смыслы, развивать внутреннюю мотивацию, формировать способность к осознанным действиям. Учитель становится наставником, проводником и фасилитатором, создающим атмосферу доверия и сотрудничества. Поэтому необходимо развивать профессиональную подготовку педагогов, предоставлять им доступ к современным методикам, обучать работе с цифровыми инструментами и психолого-педагогическим аспектам воспитания.

Новая парадигма образования должна быть гибкой, гуманистической и личностно ориентированной. Она предполагает переход от передачи готовых знаний к формированию способностей учиться, мыслить и взаимодействовать. Важно развивать у учащихся умение ставить цели, анализировать информацию, принимать решения и нести ответственность за свои поступки. Воспитание должно поддерживать развитие духовных и моральных качеств – честности, справедливости, уважения к другим людям и культуре своей страны.

Перспективным направлением становится интеграция образования и воспитания в единую систему. Эти процессы не могут существовать отдельно. Любое знание должно быть связано с этическим и социальным контекстом, а воспитание – основываться на понимании мира и критическом осмыслении информации. Только тогда образовательная среда становится пространством развития личности, а не механизмом усвоения данных.

Сегодняшнее поколение растет в мире неопределенности, и его будущее во многом зависит от того, насколько эффективно школа и семья смогут создать условия для формирования ответственного, мыслящего и духовно зрелого человека. Образование должно помогать не только выживать в быстро меняющемся мире, но и осознанно его менять. Важно воспитывать способность к сопереживанию, уважению, сотрудничеству и мирному решению конфликтов.

Главная цель современного образования – восстановить баланс между технологическим развитием и духовно-нравственным содержанием. Без этого общество рискует воспитать поколение, ориентированное на успех, но утратившее способность к сопереживанию и внутреннему росту. Человек должен оставаться центром образовательного процесса, а технологии – инструментом, который помогает раскрыть его потенциал. Только в этом случае система образования сможет вновь выполнять свою главную миссию – формировать личность, способную жить и созидать в сложном и быстро меняющемся мире.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 К вопросу о кризисе образования в современной России [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-krizise-obrazovaniya-v-sovremennoy-rossii/viewer> (дата обращения: 20.10.2025).
- 2 Современные проблемы обучения, воспитания, образования [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-problemy-obucheniya-vospitaniya-obrazovaniya/viewer> (дата обращения: 20.10.2025).
- 3 Козлова Н. Ш. Цифровые технологии в образовании // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2019. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-v-obrazovanii> (дата обращения: 20.10.2025).

УДК 372

САМОРАЗВИТИЕ В СТРУКТУРЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ (СУЩНОСТЬ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ)

А. Н. Игошкин, С. А. Боков, А. С. Плетнев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В условиях стремительных перемен на рынке труда актуализируется проблема формирования новых видов навыков, обеспечивающих гибкую адаптацию и непрерывное развитие специалиста. Имеются в виду сложные, комплексные личностные конструкты или не когнитивные навыки, которые в процессе профессионального становления могут компенсировать недостаток инвестиций в когнитивные навыки. Способность действовать активно в направлении трансформации

институциональной среды «трансформирующаяся агентность», является основой универсальных, не предметных компетенций или мягких навыков 21 века [1]. В образовании, в педагогической науке понимание универсальных компетенций носит неопределенный, вариативный характер. При этом исследователи отмечают, что в качестве основных базовых характеристик, в российском и мировом опыте указываются способности к самоорганизации и саморазвитию [2]. В условиях современных вызовов понимание развития как объективного процесса недостаточно для становления идей саморазвития. Идеи субъектности в отечественной психологии и педагогике разрабатывали С.Л. Рубинштейн, А.Н. Леонтьев, А.Г. Спиркин, И.С. Кон. Исследование процессов самоосознания личности, становления ее Я-концепции, обусловило наличие новых подходов к изучению структуры и развитию субъективной реальности, внутреннего пространства и внутреннего диалога человека [4].

Субъектом саморазвития человек становится при наличии осознанного целеполагания в направлениях самосовершенствования, самореализации, самоутверждения. А основной единицей для анализа признаков саморазвития является понятие «жизнедеятельность», которое можно определить как непрерывный процесс деятельности, поведения и целеполагания человека.

Второй характеристикой саморазвития является активность личности, которая предполагает интеграцию инициативы и исполнительности. В процессе становления активность личности может проявляться на нормативном, личностно-нормативном (воспроизводство уже известных образцов) или продуктивном, творческом (создание нового, совершенствование старого) уровнях. Продуктивны и творческий уровни предполагают наличие субъективной свободы, возможности выбора среди ряда альтернатив их конструирования, в том числе и выборы точек личностного роста.

Третьей ключевой характеристикой саморазвития является наличие способности к самопознанию, рефлексии.

Обобщая, можно говорить, что саморазвитие – это непрерывный процесс, который актуализируется совокупностью мотивов и направлен на достижение конкретных целей, посредством изменения собственной деятельности и поведения через формы самоутверждения, самосовершенствования и самоактуализации. Необходимо отметить наличие ряда трудностей, замедляющих данный процесс. К основным можно отнести: влияние сложившихся стереотипов; неразвитость способности к рефлексии и несформированность механизмов саморазвития [3].

Необходимым условием саморазвития личности в системе образования являются развивающие, личностно-ориентированные технологии обучения. Идеи развивающего обучения обоснованы в отечественных и зарубежных теориях и внедрены в образовательную практику. Но среди неразрешенных остается вопрос об оценивании, диагностировании образовательного результата. Поскольку способность к саморазвитию является сложным конструктом для отслеживания показателей развития необходим качественный и надежный измерительный инструмент, позволяющий проводить мониторинг множества переменных самого разного характера. Стандартные инструменты оценивания, представленные отдельно существующими или связанными друг с другом вопросами с одним или несколькими вариантами ответов, не позволяют отследить процессы принятия конкретных решений учебных или профессиональных задач и спрогнозировать действия обучающихся в быстроменяющихся условиях реальной жизни. Необходима разработка инструментария иного типа, где модель задания не включает отдельные составляющие действий, описывает непрерывные действия, происходящие во времени, точно так же, как они происходят в реальной профессиональной или социальной ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сорокин П. С. «Трансформирующая агентность» как предмет социологического анализа: современные дискуссии и роль образования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Социология. 2021. Т. 21. № 1. С. 124–138.
- 2 Фрумин И. Д., Добрякова М. С., Баранников К. А., Реморенко И. М. Универсальные компетентности и новая грамотность: чему учить сегодня для успеха завтра. Предварительные выводы международного доклада о тенденциях трансформации школьного образования // Современная аналитика образования. М.: НИУ ВШЭ, 2018. № 2 (19).
- 3 Цукерман Г. А., Мастеров Б. М. Психология саморазвития. М., 1995.
- 4 Энциклопедия практического самопознания. М., 1994.

ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ТРАНСПОРТА НА ПРАКТИКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ

Н. С. Козлова, Ю. А. Дубровина, В. В. Ведяшкин

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современная система профессионального образования в сфере железнодорожного транспорта ориентирована на подготовку квалифицированных кадров, способных эффективно работать в условиях реального производственного процесса. Вопросы мотивации, адаптации и закрепления кадров на предприятиях транспорта поднимались в работах [1-4], проблемам рисков, связанных с персоналом, посвящены работы [5-7]. Важнейшим элементом профессиональной подготовки является прохождение учебной и производственной практики. Однако, несмотря на значимость этого этапа, в процессе адаптации студентов к реальным условиям работы возникает множество проблем, мешающих успешной интеграции в профессиональную среду. Чаще других во время практической подготовки обучающие испытывают следующие сложности.

1. Разделение на теорию и практику. Первое, с чем сталкиваются студенты на практике, - неумение установить взаимосвязь между теоретическими материалами и практическими навыками.

2. Недостаток практических навыков. Студенты чаще всего не имеют четко выраженного представления о своей будущей профессии. Знания, полученные студентами на лекциях, не всегда касаются конкретного производственного процесса, осуществляемого на предприятии железнодорожной отрасли, которое является местом практики. Во время прохождения производственной практики, студенты встречаются с рабочими вопросами, такими как: осмотры вагонов, участие в техническом обслуживании устройств инфраструктуры, путевой автоматики. Без инициативности и продуктивности студентам бывает сложно подготовиться к таким действиям.

3. Психологическая и социальная неготовность. Прохождение практики или устройство на работу - это психологически сложный процесс для любого человека, особенно для студентов, потому что они с этим соприкасаются впервые. Они впервые вливаются в коллектив, сталкиваются с множеством новых видов нагрузки, в студенческой жизни они привыкли совсем к другим требованиям. Быстрое изменение привычной обстановки вызывает у них неуверенность, стресс.

4. Отсутствие наставника. Наставничество - главное связующее звено между студентом и производством. Именно наставник играет важную роль в полном освоении студентом начала производственного процесса. Зачастую на деле не всегда наставник может качественно повлиять на студента, именно по этим причинам студент недостаточно замотивирован в дальнейшей работе на данном предприятии.

5. Ограничения в рабочих операциях. Из-за недостаточного опыта и навыков, и из-за соображений безопасности студентов чаще всего не допускают к работе с опасной техникой и оборудованием, а позволяют лишь присутствовать и наблюдать.

Для того чтобы понять реальные трудности, которые возникают у студентов при прохождении практики или при устройстве на работу, был организован опрос по завершению летней практической подготовки. В опросе приняли участие 50 человек.

На вопрос «Укажите Ваши ожидания перед началом прохождения производственной практики?» студенты в первую очередь назвали важным приобретение практических навыков по будущей специальности - так ответили 66 % из них и почти третья часть предполагали узнать больше о работе предприятия (26 %). Результаты ответов отражены диаграммой на рис.1.

Интересно было выяснить, как студенты укрепили или изменили свое представление о будущей профессии. Почти четверть опрошенных укрепились в желании освоить выбранную специальность (26 % респондентов), 24 % практикантов столкнулись с трудностями и усомнились в точности выбора специальности. Половина всех обучающихся не изменила прежнего отношения к профессии в ходе производственной практики. Эти результаты представлены на рис.2.



Рис. 1. Результаты ответов на вопрос: «Укажите Ваши ожидания по поводу прохождения производственной практики»



Рис. 2. Результаты ответов на вопрос: «Влияние практики на отношение к профессии»

Для повышения эффективности результатов практики для студентов, нужно четко понимать ее структуру. Практика станет более эффективной, если студентам доверять выполнять реальные задачи, которые связаны с конкретной производственной деятельностью. Конечно, очень важна и поддержка университета, организация взаимодействия и контроля их деятельности в процессе прохождения практики.

В заключении следует отметить, что формирование грамотного и мотивированного специалиста очень важный процесс, важную роль в котором играет производственное обучение и адаптация студентов. При тесном сотрудничестве учебного заведения, производства и студента можно добиться высоких результатов в подготовке специалиста для важной железнодорожной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Козлова, Н. С. Идентификация психологической совместимости персонала предприятий железнодорожной отрасли и выпускников транспортного ВУЗа / А. Н. Митрофанов, Н. С. Козлова // Экономика и предпринимательство. 2023. № 3 (152). С. 997–1002. EDNKSIMUO.
- 2 Козлова, Н. С. Слагаемые успеха карьерного роста на предприятиях железнодорожного транспорта / Н. С. Козлова // Программа и тезисы. Международная научно-практическая конференция «Инновация в системах обеспечения движения поездов», 2016 г. Самара: СамГУПС, 2016. С. 54–56.
- 3 Козлова, Н. С. Особенности подготовки руководителей на транспорте / Н. С. Козлова, А. А. Стерликов // Наука и образование транспорту: материалы XI Международной научно-практической конференции «Наука и образование транспорту», 2018 г. Самара: СамГУПС, 2018. С. 266–268.
- 4 Козлова, Н. С. Характерологические проявления личности как фактор выбора направления профессиональной деятельности / Н. С. Козлова, И. В. Митрофанова // Вестник СамГУПС. 2017. № 1 (35). С. 95–100.
- 5 Козлова, Н.С. Реализация процесса кадровой безопасности предприятия / Н.С. Козлова // Экономика и предпринимательство. 2025. № 1. С. 1240–1243.
- 6 Козлова, Н.С. Кадровая безопасность предприятия в системе экономической безопасности / Н.С. Козлова // Экономика и предпринимательство. 2025. № 2. С. 1156–1159.
- 7 Козлова, Н.С. Виды и характеристика трудового потенциала / Н.С. Козлова // Экономика и предпринимательство. 2025. № 3. С. 1173–1176.

УДК 378.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ И УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Н. К. Коост, Т. В. Крючкова

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Введение. Современные образовательные организации сталкиваются с необходимостью цифровизации ключевых образовательных процессов, в частности, учёта посещаемости и успеваемости студентов. Традиционные методы ведения бумажных ведомостей и журналов создают значительную нагрузку на преподавателей и деканат, требуют дополнительного времени на обработку данных и могут приводить к неточностям в отчётах [1: 9].

Предложения, рассматриваемые в данной статье, направлены на упрощение и автоматизацию работы преподавателей, кураторов и деканата за счёт внедрения единой электронной платформы учёта посещаемости и успеваемости. Предлагаемая система разделена на три функциональных модуля – **деканат, преподаватели и студенты**, каждый из которых имеет собственный клиент для взаимодействия с платформой.

Модуль **деканата** обеспечивает возможность создания и редактирования профилей преподавателей и студентов, просмотра текущей успеваемости, анализа посещаемости, а также формирования отчётов по заданным критериям (например, промежуточная аттестация, экзамены, зачёты). Система автоматически выявляет студентов с регулярными пропусками, отображает причины отсутствий и рассчитывает процентную посещаемость группы, что упрощает контроль и отчётность.

Модуль **преподавателей и кураторов** позволяет отмечать посещаемость студентов в цифровом виде – с планшета или компьютера. Внесённые данные синхронизируются с сервером, обеспечивая их мгновенную доступность работникам деканата. Каждый преподаватель имеет персональный профиль с авторизацией по ФИО и паролю, где доступны сведения о текущих занятиях, группах, аудиториях и расписании. Также предусмотрена возможность внесения результатов экзаменов, зачётов и промежуточных аттестаций непосредственно в электронный журнал, что исключает необходимость ручного дублирования данных.

Кураторы получают доступ к сводной информации о своей группе, включая посещаемость, успеваемость и результаты экзаменов по всем предметам. При этом редактирование доступно только в рамках их дисциплины. Такая организация повышает прозрачность данных и позволяет оперативно реагировать на случаи длительных пропусков.

Студенты через личный кабинет или мобильное веб приложение могут просматривать собственную посещаемость, результаты промежуточной аттестации, экзаменов и зачётов, что способствует повышению их личной ответственности и мотивации.

Основная идея проекта заключается в переходе преподавателей и административного персонала вуза на электронные носители информации. Это решение повышает точность данных, снижает административную нагрузку, способствует снижению бумажного документооборота и закладывает основу для дальнейшей цифровизации образовательной среды вуза. Кроме того, внедрение подобной системы повышает прозрачность взаимодействия между всеми участниками учебного процесса и создаёт условия для внедрения интеллектуальной аналитики в сфере управления образовательными данными [2: 21].

В учебном процессе система будет применяться ежедневно: преподаватели будут отмечать присутствие студентов, выставлять оценки и комментарии по результатам занятий, а кураторы и деканат – оперативно контролировать статистику по группам и направлениям. Все данные будут храниться в единой базе и обновляться в реальном времени, что обеспечит точность и актуальность информации.

Методы решения. Для реализации проекта выбрана клиент–серверная архитектура с разделением внутренних и внешних контуров доступа. Основной акцент сделан на надёжности передачи данных, простоте интеграции в инфраструктуру вуза и удобстве использования всеми категориями пользователей.

Для преподавателей предусмотрены планшеты с установленным клиентским приложением в формате **Progressive Web Application (PWA)**, подключённым к локальной Wi-Fi сети вуза. Через него преподаватель, как указывалось выше, отмечает присутствие студентов, вносит результаты промежуточной аттестации, экзаменов и зачётов. Все данные в режиме реального времени синхронизируются с сервером, где автоматически формируются сводки и отчёты для деканата. Для расширенного доступа и удобства работы также реализована веб-версия электронного журнала, доступная с любых компьютеров, подключённых к внутренней сети.

Внешняя версия системы выполнена в формате **Progressive Web Application (PWA)** и предназначена для студентов. Она не требует установки и доступна с любого устройства через браузер. Функционал ограничен просмотром личных данных – посещаемости, результатов экзаменов и аттестаций, что обеспечивает безопасность и предотвращает несанкционированное редактирование.

Серверная часть системы реализована с использованием **PHP** в связке с **MySQL**, управление базой данных осуществляется через **phpMyAdmin**. Такая комбинация обеспечивает простоту настройки и лёгкость обслуживания. База данных хранит сведения о пользователях, предметах, расписании, результатах и посещаемости, что позволяет формировать динамические отчёты и аналитику.

Клиентская часть выполнена с использованием **HTML**, **CSS** и **JavaScript**, что обеспечивает кроссплатформенность и адаптивность интерфейса. Для удобства пользователей предусмотрена оптимизация под мобильные устройства и планшеты, а также возможность автономной работы с последующей синхронизацией при подключении к сети.

Обмен данными между клиентами и сервером осуществляется через защищённые HTTPS-запросы, а все процессы администрирования, обновления и резервного копирования централизованы. Развёртывание системы возможно на существующих серверах вуза без дополнительных затрат на оборудование, что делает внедрение экономически целесообразным.

Анализ ожидаемых результатов. Очевидно, что внедрение системы позволит значительно повысить эффективность процессов учёта посещаемости и успеваемости студентов. Использование планшетов и веб-интерфейса упростит работу преподавателей, исключит необходимость заполнения бумажных ведомостей и ручного подсчёта данных. Отметки посещаемости, результаты промежуточной аттестации и экзаменов будут мгновенно поступать в центральную базу данных, что обеспечит оперативный доступ к информации для деканата и других участников учебного процесса.

Автоматическое формирование отчётов по заданным критериям – дисциплина, группа, период, форма контроля – позволит деканату быстро анализировать академическую активность студентов и принимать управленческие решения на основе актуальных данных. Система будет самостоятельно выявлять студентов, систематически пропускающих занятия, рассчитывать процент посещаемости групп и формировать сводные таблицы, упрощая контроль успеваемости.

Централизованное хранение данных обеспечит их сохранность, исключит дублирование и упростит резервное копирование. Работа внутри локальной сети создаст защищённый канал передачи информации и высокую скорость обработки запросов, а внешний доступ для студентов будет ограничен режимом просмотра, что гарантирует безопасность данных.

Ожидается снижение количества ошибок при внесении информации, повышение точности отчётности и общей прозрачности образовательного процесса. Доступ студентов к собственным результатам будет способствовать повышению личной ответственности и дисциплины. Дополнительным преимуществом станет уменьшение бумажного документооборота, что приведёт к экономии ресурсов и сокращению нагрузки на административный персонал.

Практическое применение результатов. Таким образом, использование разработанной системы позволит повысить качество управления учебным процессом, обеспечить прозрачность учёта и создать основу для дальнейшей цифровизации вузовской среды.

Администрация вуза будет использовать систему для формирования отчётов и аналитических сводок по факультетам и курсам, что упростит подготовку отчётности для аккредитационных и проверочных комиссий. Возможность интеграции с другими информационными системами учебного заведения обеспечит масштабируемость и гибкость решения.

В перспективе система сможет быть адаптирована под различные формы обучения – очную, заочную и дистанционную. Это создаст универсальный инструмент, применимый в вузах, колледжах и других образовательных организациях, способный стать основой для комплексной цифровой трансформации учебного процесса.

Выводы. Внедрение разработанной системы электронного учёта посещаемости и успеваемости студентов позволит значительно повысить эффективность управления учебным процессом. Использование современных веб-технологий (PHP, HTML, CSS, JavaScript, SQL) обеспечит стабильную работу и удобство при развертывании как во внутренней сети вуза, так и через интернет. Планшеты, подключённые к локальной Wi-Fi сети, будут использоваться преподавателями для оперативного внесения данных, а студенты смогут просматривать свою успеваемость через веб-приложение PWA с любого устройства. Такая интеграция обеспечит прозрачность, точность и доступность информации, создавая технологическую основу для цифровизации образовательной среды.

Настоящая статья (работа) опубликована (выполнена) при поддержке Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» инициативных научных работ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Басев И. Н. Электронный журнал в современном образовательном процессе // Современные педагогические технологии. Новосибирск: СибГУПС, 2008.
- 2 Бутузова Л. Л. Электронный журнал как унифицированная форма контрольно-оценочной деятельности преподавателя // Международный конкурс педагогического мастерства «Идеи образования 2021». Москва, 2021.

УДК 338

ИНВАЛИДНОСТЬ В РОССИИ: ИСТОРИЯ, СТАТИСТИКА, МЕРЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ

О. В. Малышева, Е. Р. Папиrowsкая

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Вопрос инвалидности в России представляет собой сложный и многогранный аспект социального, экономического и культурного развития страны. Исторически инвалидность воспринималась как личная трагедия, что сформировало определенные стереотипы и предвзятость в обществе. Однако с течением времени отношение к людям с инвалидностью изменилось, и сегодня это вопрос актуален и требует правового и социального осмысления. На рисунке 1 отмечена динамика численности инвалидов в России за период 1990-2024 гг. [5].

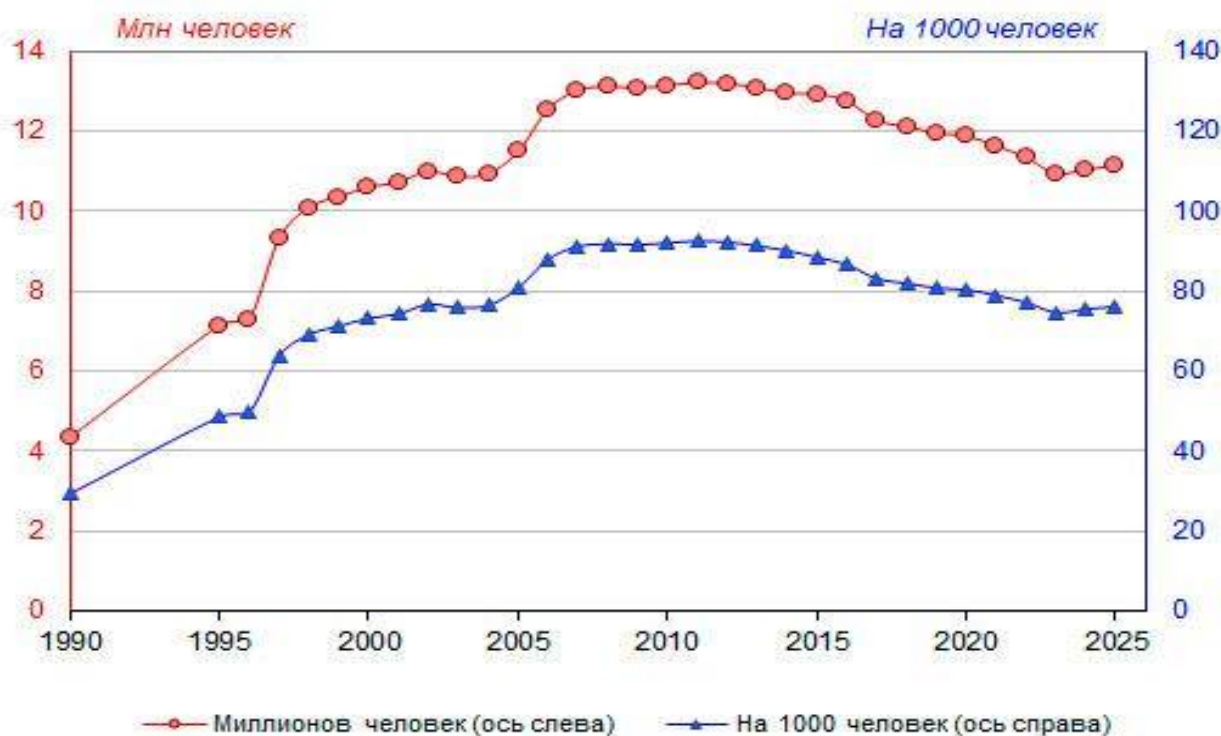


Рис. 1. Динамика численности инвалидов в России

Общая численность инвалидов по данным Социального фонда России за 2024 года составляет 7,4 % от общей численности населения страны или 11,123 млн человек, при этом данная цифра разделяется по группам инвалидности или тяжести заболевания от самой тяжелой - первой до менее тяжелых – второй и третьей, с выделением группы дети-инвалиды, что составляет соответственно: 1,2 млн чел. (11 %), 4,5 млн чел. (40 %), 4,6 млн чел. (42 %), 0,8 млн чел. (7 %) [1].

Сегодня современное общество оценивается, в том числе, и с позиции отношения к инвалидам и с этой точки зрения интересен исторический аспект подхода к данной теме в России. В Древней Руси к людям с физическими или умственными недостатками относились с состраданием и милосердием. Это было обусловлено влиянием православной веры, которая призывала заботиться о слабых и нуждающихся. В народе считалось, что физические недостатки даны человеку Богом как испытание или наказание за грехи предков. Поэтому к таким людям относились с жалостью, старались помочь им материально и морально. В Российской империи инвалидов выделяли в особую группу, нуждавшуюся в постоянной и обязательной помощи со стороны государства и общества. При Петре I всех солдат, офицеров и нижних чинов, неспособных к службе из-за ран или старости, определяли на жительство богадельни с правом пожизненного содержания. При Елизавете Петровне получили развитие «инвалидные дома» –военные богадельни для призрения раненых, болезненных и престарелых солдат. Екатерина II сделала заботу о военных инвалидах делом государственной политики. Отставников отправляли на поселение в «выгодные места», снабжая жильём и деньгами –так в русских городах образовались инвалидные команды. Военных инвалидов трудоустраивали в качестве досмотрщиков таможен, смотрителей госпиталей, надзирателей за исправностью дорог и мостов и т. д. Также практиковалась такая форма социальной помощи немощным людям, как поочерёдное кормление и уход в домах крестьян и городских жителей. С середины XIX века большое значение стали придавать предоставлению посильной трудовой помощи людям с инвалидностью. В первые годы после революции 1917 года были созданы специальные учреждения, такие как дома-интернаты и профессиональные училища для инвалидов. В начале 30-х годов были открыты специализированные школы и предприятия, где инвалиды могли обучаться и работать. После Великой Отечественной войны ветеранам-инвалидам предлагали переезжать в специальные дома инвалидов-ветеранов войны. В СССР к людям с ограниченными возможностями относились как к объектам опеки. Считалось, что они сами не могут о себе позаботиться, некомпетентны, не способны за себя отвечать, трудиться. С конца 60-х годов отношение государства к инвалидам стало постепенно меняться к лучшему. В 1979 году в СССР официально введён статус «ребёнка-инвалида». В современной России отношение к людям с инвалидностью меняется в лучшую сторону, общество и государство уделяют этим

темам всё больше внимания. Также отмечается, что люди с инвалидностью или их законные представители стали активнее защищать свои права –сами или с помощью общественных организаций.

Государственная поддержка инвалидов в России – это комплекс мер, направленных на обеспечение равных прав и возможностей для людей с инвалидностью, их социальную интеграцию и достойный уровень жизни. В России все меры поддержки можно сгруппировать следующим образом: в центре располагается основа - финансовая поддержка, далее – социальные услуги, обслуживание, реабилитация или абилитация и последний уровень – прочее, предусматривающий создание благоприятных условий для реализации возможностей для людей с инвалидностью (рис. 2) [2, 3, 4].

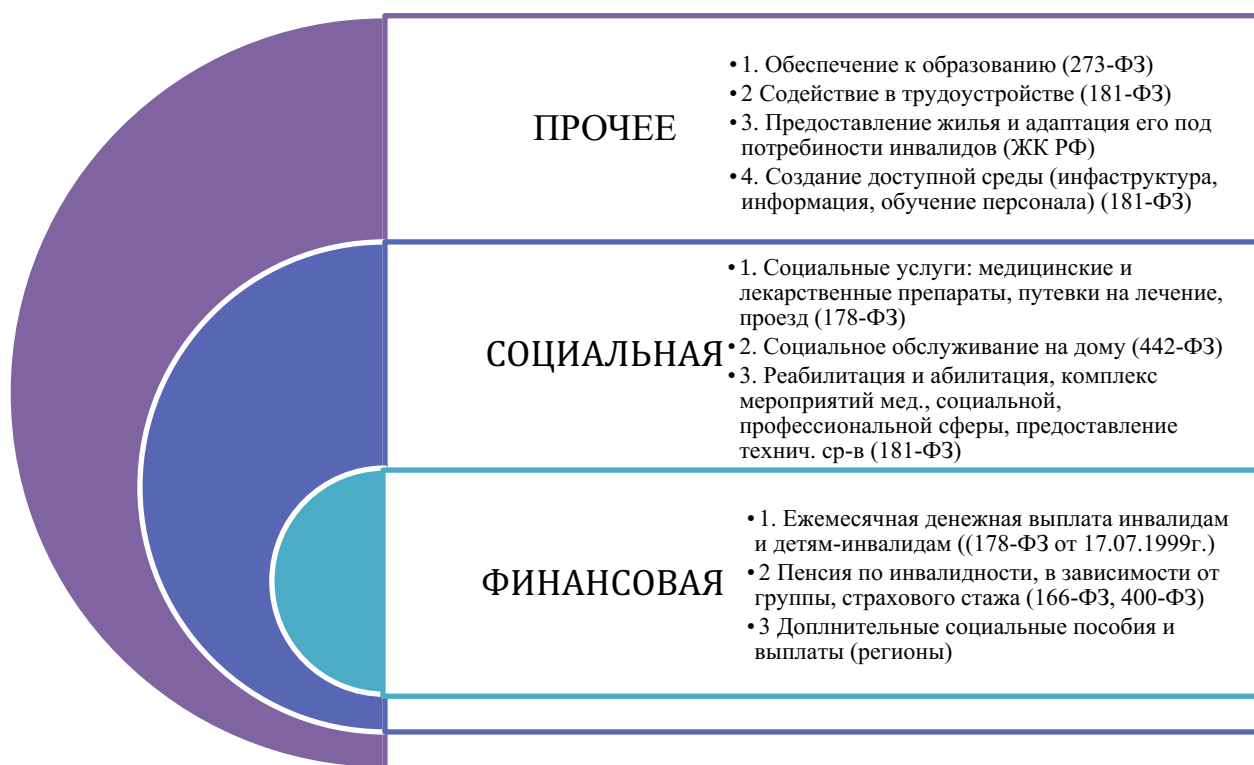


Рис. 2. Меры государственной поддержки инвалидов в России

Меры государственной поддержки инвалидов постепенно расширяются и дополняются, предоставляя большие возможности для реализации прав инвалидов, при этом основные направления развития включают:

1. Расширение перечня реабилитационных услуг и технических средств реабилитации, повышение качества и доступности реабилитационных мероприятий, развитие системы ранней помощи детям с инвалидностью.
2. Создание условий для обучения детей с инвалидностью в общеобразовательных организациях, обеспечение тьюторской поддержки, разработка адаптированных образовательных программ.
3. Расширение возможностей для трудоустройства инвалидов, создание специализированных рабочих мест, поддержка предпринимательской деятельности инвалидов, развитие дистанционной занятости.
4. Дальнейшее развитие безбарьерной среды, адаптация объектов социальной инфраструктуры к потребностям инвалидов, внедрение новых технологий, обеспечивающих доступность информации и связи.
5. Разработку и внедрение специализированных программ и приложений, облегчающих использование цифровых технологий инвалидами, обеспечение доступности сайтов и онлайн-сервисов.
6. Внесение изменений в законодательство, направленных на улучшение социальной защиты инвалидов, расширение их прав и возможностей, устранение дискриминации.

Подводя итог вышесказанному, можно отметить, что отношение к инвалидности в России прошло долгий путь от милосердия и опеки до признания прав и интеграции, а также создания условий для дальнейшей инклюзии в общество. Исторический анализ выявил эволюцию взглядов и подходов к поддержке людей с инвалидностью, отражая изменения в социально-экономическом и политическом контексте страны. Статистические данные свидетельствуют о значительной численности людей с

инвалидностью в России, что подчеркивает актуальность и важность разработки и реализации эффективных мер государственной поддержки. Планируемые меры по совершенствованию системы реабилитации, развитию инклюзивного образования, содействию занятости и обеспечению доступности объектов и услуг отражают стремление государства к дальнейшему улучшению положения инвалидов и созданию равных возможностей для всех граждан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Социальный фонд России [Электронный ресурс]. URL: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://sfr.gov.ru/files/id/statistics/2025/75-04_grup_2024.xls&ved=2ahUKEwjonsKysMGQAхU-QVUIHW8qJHoQFnoECC0QAQ&usg=AOvVaw1E0XVQnxJMOfv-Tlf8OUxE
- 2 Федеральный закон от 24 ноября 1995 г. N 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. - URL: <https://base.garant.ru/10164504/>
- 3 Федеральный закон от 17 июля 1999 г. N 178-ФЗ «О государственной социальной помощи» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. - URL: <https://base.garant.ru/180687/>
- 4 Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. - URL: <https://base.garant.ru/70291362/>
- 5 Щербакова Е. Инвалиды в России, 2025 год [Электронный ресурс]. URL: <https://www.demoscope.ru/weekly/2025/01077/barom01.php>

УДК 378.14, 625.16

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ GPS И GSM ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ «УМНЫХ» ПЕРЕЕЗДОВ НА ЗАРУБЕЖНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

И. В. Митрофанова, А. А. Бурматов, И. А. Якушев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Железнодорожный транспорт является одним из ключевых элементов инфраструктуры многих стран, обеспечивая перевозку пассажиров и грузов. Однако его безопасность, особенно в точках пересечения с автомобильными дорогами, остаётся одной из наиболее острых проблем, актуальной как для начала двадцать первого века, так и в третьем его десятилетии. Несчастные случаи на переездах железных дорог наиболее часто приводят к трагическим последствиям, включая человеческие жертвы, серьёзные травмы и значительный материальный ущерб.

Цель статьи: ознакомление специалистов с материалами иноязычной статьи: Alarm System of Railway Gate Crossing based on GPS and GSM, опубликованной в журнале: International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER) www. Ijser. in ISSN (Online): 2347-3878 Volume 1 Issue 1, September 2013 авторов B. Raju, B. Sreenivas [1: 2347]. Представленный материал статьи, адаптированный авторами для лучшего понимания и усвоения, может быть использован для подготовки студентов и аспирантов транспортных вузов.

Традиционно для защиты на переездах используются механические шлагбаумы и светофоры, управляемые либо дежурным персоналом, либо автоматическими системами, основанными на датчиках, установленных на путях. Однако эти системы имеют ряд существенных недостатков: они подвержены механическому износу, их работа может нарушаться из-за вибраций, неблагоприятных погодных условий или вандализма [2: 278]. Кроме того, содержание персонала на каждом переезде экономически нецелесообразно. В связи с этим существует насущная потребность в создании полностью автоматизированных, надёжных и независимых систем контроля, способных гарантированно обеспечивать безопасность.



Рис. 1. Стандартный железнодорожный переезд

Основная проблема, на решение которой направлено исследование, – это низкая надежность и высокая стоимость существующих систем безопасности на железнодорожных переездах. Можно выделить несколько ключевых аспектов этой проблемы:

1. Ненадежность датчиков и механизмов: Традиционные системы, использующие рельсовые цепи или контактные датчики, имеют ограниченный срок службы (требуют замены каждые 2-3 года) и могут выходить из строя из-за постоянных вибраций от проходящих поездов [3: 146].
2. Зависимость от человеческого фактора: Переезды, управляемые дежурными, уязвимы к ошибкам персонала, таким как невнимательность или несвоевременное реагирование.
3. Отсутствие точной информации: Водители и пешеходы не получают информации о том, сколько времени осталось до прибытия поезда, что может провоцировать рискованные решения, например, попытку проехать «впросак».
4. Сложность мониторинга: Диспетчерские центры не всегда имеют точных данных о местоположении и скорости каждого поезда в реальном времени, особенно на удаленных участках пути [4: 14].

Целью данной научной работы является разработка и прототип высоконадежной системы оповещения для железнодорожных переездов, которая использует спутниковое позиционирование (GPS) и мобильную связь (GSM) для автоматического предупреждения о приближении поезда.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Разработать аппаратную часть системы, состоящую из двух основных модулей: мобильного (устанавливается на поезд) и стационарного (размещается на переезде).
2. Обеспечить точное определение местоположения, скорости и направления движения поезда с помощью GPS-модуля [5: 315].
3. Организовать надежную и быструю передачу данных от поезда к переезду с использованием широко распространенной сети GSM [6: 251].
4. Реализовать алгоритм автоматического принятия решения на переезде для активации предупреждающих сигналов (свет и звук) при приближении поезда на заданное расстояние.

Методы решения. Предложенная система имеет модульную архитектуру и состоит из двух основных частей:

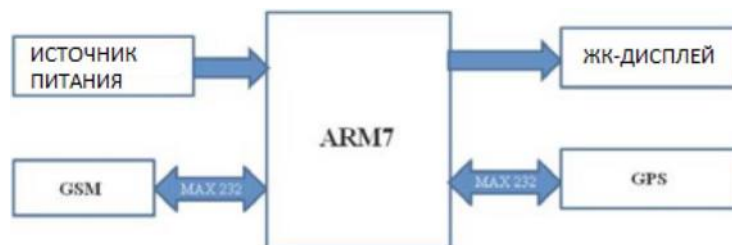


Рис. 2. Структурная схема участка поезда

GPS-Global Position System (система глобального позиционирования)

GSM-Global System for Mobile Communications (Глобальная система мобильной связи)

ARM7- Advanced RISC Machines (Усовершенствованное оборудование рисков)

1. Мобильный модуль на поезде:

- Микропроцессор (ARM7 TDMI): модуль, который обрабатывает данные и управляет другими компонентами.
- GPS-приемник: постоянно отслеживает координаты поезда (широту, долготу), его скорость и направление, получая сигналы со спутников.

- GSM-модуль: выполняет роль модема, который через сотовую сеть передаёт GPS-данные на стационарный модуль, расположенный на переезде.

2. Стационарный модуль на переезде:

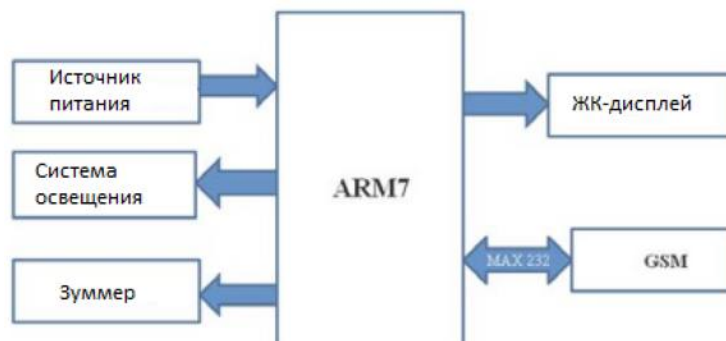


Рис. 3. Структурная схема секции управления
GSM-Global System for Mobile Communications (Глобальная система мобильной связи)
ARM7- Advanced RISC Machines (Усовершенствованное оборудование рисков)

- Микропроцессор (LPC2148): принимает данные от поезда через свой GSM-модуль и анализирует их.
- Логический блок: Программа в микропроцессоре вычисляет, представляет ли приближающийся поезд угрозу. Если поезд находится в заранее заданной «зоне риска», система принимает решение о включении тревоги.
- Исполнительные устройства: Микропроцессор активирует светодиодные сигналы (светофор) и звуковой зуммер (сирену), предупреждая водителей и пешеходов.

Выводы. Разработанная система на основе GPS и GSM технологий предлагает эффективное решение одной из самых насущных проблем железнодорожного транспорта – безопасности на переездах. Её ключевыми преимуществами являются:

1. Автономность: Система не требует постоянного присутствия человека.
2. Высокая надёжность: Отсутствие механических датчиков, контактирующих с поездом, снижает риск износа и поломок.
3. Глобальный охват: Использование сетей GSM и GPS позволяет системе работать в любой точке страны, включая отдалённые и труднодоступные районы.
4. Экономическая эффективность: В долгосрочной перспективе система дешевле в обслуживании по сравнению с традиционными решениями.

Внедрение подобных интеллектуальных систем [7: 112] способно кардинально повысить уровень безопасности на железнодорожных переездах, предотвратить сотни аварий и спасти множество человеческих жизней. Это наглядный пример того, как современные и широкодоступные технологии могут быть успешно применены для решения критически важных социальных и инфраструктурных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Raju B., Sreenivas B. Alarm System of Railway Gate Crossing based on GPS and GSM. International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER) in ISSN (Online): 2347-3878 Volume 1 Issue 1, September 2013. URL: <https://www.ijser.in/archives/v1i1/MTMwOTE2MDE=.pdf>
- 2 Lyu J. GPRS technology: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2001. 278 с.
- 3 Wang H. Multifunctional wireless alarm (early warning) System for railway crossing Harbin Railway Science & Technology. 2004. 146 с.
- 4 D. Jayakody, M. Gunawardana, N. Wicrama Surendra GPS/GSM based train tracking system – utilizing mobile networks to support public transportation. 2012. 14 с.
- 5 Wang H. The theory and application of GPS navigation: Science Press, 2003. 315 с.
- 6 Yang W. Research on early warning device for railway Crossing based on GPS and GPRS. Computer Applications 2006. 251 с.
- 7 Ishaq M., Shekar D. Goud, Saritha P. J. Implementation of logistics management system based on wireless technologies. 2012. 112 с.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ВНЕДРЕНИЯ 5G НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ В РОССИИ

И. В. Митрофанова, А. П. Зулаев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Железные дороги играют главную роль в транспортной инфраструктуре России, поэтому их модернизация напрямую влияет на эффективность грузовых и пассажирских перевозок и экономическое развитие страны. Железнодорожная отрасль сегодня активно внедряет цифровые технологии, чтобы стать более эффективной, безопасной и комфортной. Ключевую роль в этих переменах играют новейшие технологии связи, в первую очередь 5G, которые открывают широкие перспективы для обновления инфраструктуры и предоставляемых услуг.

Целью данной работы является рассмотрение перспектив использования 5G для железнодорожного транспорта. Материал данной работы, в базе своей, основан на переводе иноязычной статьи 5G for Railways: the Next Generation Railway Dedicated Communications. Preprint July 2022 DOI: 10.48550/arXiv.2207.03127. Авторы: Ruisi He¹, Bo Ai¹, Zhangdui Zhong¹, Mi Yang¹, Ruifeng Chen², Jianwen Ding¹, Zhangfeng Ma¹, Guiqi Sun¹, and Changzhu Liu¹ 1 State Key Laboratory of Rail Traffic Control and Safety, Beijing Jiaotong University, China 2 Institute of Computing Technology, China Academy of Railway Sciences, China.

Цель работы определяет круг задач исследования:

1. Рассмотреть основные характеристики 5G и их соответствие потребностям железнодорожной отрасли.
2. Изучить услуги железных дорог, которые возможно предоставить на базе 5G-R.
3. Выявить технические, экономические и организационные препятствия, связанные с внедрением 5G.
4. Выяснить прогнозируемые сроки внедрения технологии 5G на железнодорожном транспорте в России.

Методы исследования: поиск, изучение, анализ и обобщение информации из научной литературы.

Данное исследование крайне актуально, поскольку посвящено изучению сетей 5G, представляющих собой технологию нового поколения. Внедрение 5G открывает совершенно новые возможности для повышения качества связи и скорости передачи данных, что, в свою очередь, будет способствовать развитию железнодорожной отрасли и экономики страны.

Характеристики 5G и их соответствие потребностям железнодорожной отрасли. На данный момент железные дороги России, как и большинства стран мира, базируются в основном на GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway) для обеспечения критически важных функций безопасности движения. GSM-R – узкополосная система связи, основана на технологии 2G, которая была разработана в основном для голосовой связи и передачи небольших объемов данных. Хотя GSM-R зарекомендовал себя как стабильная система связи, он обладает низкой пропускной способностью и скоростью передачи данных, что не соответствует современным требованиям к цифровизации и эффективности железнодорожного транспорта.

В начале 2010-х годов 4G (на базе LTE - Long-Term Evolution) рассматривалась как потенциальная технология для развития коммуникационной инфраструктуры железных дорог. Однако проведенные исследования показали, что LTE не соответствует требованиям к сверхнадежной связи и не сможет справиться с большим количеством подключений. Кроме того, LTE не обладает достаточным потенциалом для поддержки интеллектуальных сервисов и приложений, планируемых к внедрению на будущих железных дорогах [1: 131 – 132]. В настоящее время 4G используется для дополнительных сервисов, таких как, обеспечение доступа в интернет для пассажиров в поездах, для доступа к корпоративным сетям и информации для персонала, а также для сбора телеметрических данных. Все вышеперечисленное обуславливает необходимость перехода на более совершенные системы, такие как 5G.

5G – это технология мобильной связи пятого поколения. 5G обеспечивает скорость передачи данных более 10 Гбит/с, что в 100 раз превышает скорость передачи данных 4G. Она обеспечивает мгновенную загрузку больших файлов, потоковое видео в сверхвысоком разрешении, плавную работу AR/VR-приложений. Данная технология способна снизить задержку сигнала до 1 миллисекунды, обеспечивает одно-временную работу большого количества пользователей и устройств на высоких скоростях без ухудшения качества связи, что полностью отвечает требованиям железнодорожной отрасли.

Таблица 1

Сравнительные характеристики 2G, 4G и 5G

Поколение	Скорость передачи данных	Задержка	Функции	Технологии	Плотность подключений (на 1 кв. км)
2G	220 кбит/с	300–600 мс	звонки + sms	GSM, CDMA	500-1 000
3G	2 Мбит/с	100–400 мс	+ доступ в интернет	SDMA2000, UMTS	1 000-10 000
4G	100 Мбит/с	50 мс	+ мобильные платежи, видеоконференции, облачные игры	LTE, WiMAX	100 000
5G	10 Гбит/с	менее 1 мс	IoT, автономные системы	5G/IMT-2020	1 000 000

В перспективе 5G-R (с использованием профиля URLLC - Ultra-Reliable Low-Latency Communications) и с адаптацией под международный стандарт FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) может заменить GSM-R и стать основой для систем управления движением следующего поколения. Однако переход от одного стандарта к другому будет постепенным и долгое время GSM-R и 5G-R будут работать параллельно, а для этого необходимо будет решить такие проблемы, как налаживание взаимосвязи между сетями, создание совместной мультимедийной диспетчерской связи, обновление антенн и их развертывание для новых диапазонов частот и многие другие. Помимо этого, будущие железнодорожные сети должны обладать высокой гибкостью, позволяя легко внедрять новые технологии, и обеспечивать одновременный доступ многих пользователей, не зависящих от конкретного оператора [1: 135].

Услуги 5G-R. Услуги железных дорог, которые возможно предоставить на базе 5G-R, в целом можно разделить на четыре категории:

Во-первых, услуги, связанные с управлением движением поездов, а именно: планирование маршрутов, управление диспетчерской службой, автоматическое управление поездами, синхронное управление локомотивами, проверку информации о поезде, системы предупреждения и защиты. Все эти меры направлены на предотвращения аварий, обеспечения бесперебойного движения и безопасности пассажиров и грузов [1: 132]. Основное преимущество сети 5G для железнодорожной отрасли заключается в улучшении системы сигнализации. 5G обеспечит более точный и надежный обмен данными о местоположении и скорости поездов, что позволит скорректировать безопасное расстояние между ними. Это, в свою очередь, позволяет увеличить пропускную способность путей, оптимизировать график движения и снизить затраты на расширение инфраструктуры, поскольку безопасное расстояние будет определяться с учетом веса и скорости поездов [2: 2].

Во-вторых, услуги обслуживания. Предоставляемые услуги включают: экстренную связь, автоматическое обновление данных о системах поезда, передачу информации о грузах и прочие полезные функции. Благодаря этому повышается эффективность работы, улучшается качество обслуживания и внедряются интеллектуальные решения на железных дорогах.

В-третьих, услуги мониторинга. К ним относятся: сбор и анализ данных в реальном времени о работе поездов, машинистов, энергетических систем, строительной техники и кабельных сетей, [1: 132] включая мониторинг износа оборудования и мониторинг времени пикового потребления электроэнергии и ее распределения. Эти услуги улучшат работу железнодорожных служб, позволяя техническим специалистам, кондукторам и другим сотрудникам отслеживать состояние всей системы в реальном времени и будут способствовать повышению безопасности железнодорожной системы [2: 3].

В-четвертых, услуги, ориентированные на пассажиров [1: 132]. Технология 5G разработана таким образом, чтобы во время поездки пассажиры могли наслаждаться высокой скоростью загрузки и потоковой передачей данных. Благодаря 5G пассажиры могут получить мгновенный доступ к актуальной информации: о наличии билетов, свободных местах, изменениях в расписании, задержках, показателях загрузки поездов в режиме реального времени и других важных деталях. Мультимедийные развлекательные услуги в железнодорожной среде позволят пассажирам интересно и с пользой проводить время в пути, улучшить комфорт и эффективность путешествий [2: 4].

Препятствия, связанные с внедрением 5G. В публикации «Известий» от 14 февраля 2024 года сообщалось, что для обеспечения работы 5G в городах и густонаселенных районах России выделен частотный диапазон 4,4–4,99 ГГц, поскольку он близок к диапазону 3,4–3,8 ГГц, который используют в большинстве стран для развития сетей пятого поколения [5: 1]. Этот частотный диапазон популярен,

потому что в некоторых странах он является самым «низким» из разрешенных для использования, обеспечивая широкую полосу пропускания. Кроме того, существующее оборудование легко адаптируется к этим частотам, что снижает затраты. Широкая доступность и экономичность делают его идеальным выбором для разработки гаджетов, в первую очередь смартфонов [4: 2].

В России диапазон 3,5–3,8 ГГц занят радиооборудованием силовых ведомств, в частности земными станциями фиксированной спутниковой службы (ФСС). Развитие сетей на частотах 4,4–4,99 ГГц связано с рядом трудностей, таких как ограничения по зонам покрытия, высокая стоимость строительства, поскольку требуется в 1,5–2 раза больше базовых станций, да и устройств с поддержкой этого диапазона намного меньше, чем диапазона 3,5–3,8 ГГц [5: 3]. Окупаемость вложений в развитие 5G может быть длительной, особенно для операторов связи, которые должны одновременно обслуживать и устаревшие сети.

В связи с политической обстановкой в мире поставки оборудования для 5G от западных производителей прекращены. Поэтому все оборудование, которое будет использоваться для создания 5G, будет отечественного производства. Ряд компаний в России, такие как «Ирtea», «Триалинк Групп» и «Буллат» (дочерняя компания «Ростелекома») занимаются сейчас созданием 5G-оборудования. Кроме того, существует проблема нехватки кадров, в том числе высококвалифицированных специалистов в сфере IT и кибербезопасности, для проектирования, развертывания, эксплуатации и обслуживания 5G-сетей и связанных с ними приложений. Для преодоления этой проблемы необходимо перестроить систему подготовки специалистов, проводить совместные мероприятия с участием вендоров и представителей промышленных предприятий. Также важно наличие полноценной и понятной технической документации по технологиям 5G на русском языке.

Прогнозируемые сроки внедрения технологии 5G на железнодорожном транспорте в России. Внедрение 5G на железнодорожном транспорте России – это долгосрочный проект и спрогнозировать точные сроки внедрения сложно, поскольку они зависят от множества факторов, включая политическую обстановку в стране, государственную поддержку, инвестиции, разработку стандартов, готовность инфраструктуры и операторов связи. Однако, в мае 2024 года заместитель генерального директора РЖД Евгений Чаркин заявлял, что для начала сеть 5G планируют внедрить на высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург в 2028–29 гг., а в будущем – на линиях, ведущих в Нижний Новгород и Казань. В 2030–35 гг. может начаться постепенная замена GSM-R, если 5G (особенно в URLLC-режиме) докажет свою надежность и безопасность для критически важных систем управления движением [6: 1].

Вывод. Изучив характеристики 5G, их соответствие железнодорожной отрасли, услуги, которые можно будет предоставить на базе 5G-R и проблемы, связанные с внедрением 5G, необходимо отметить, что данная технология открывает значительные перспективы для развития железнодорожного транспорта и послужит основой для дальнейшего развития цифровой экономики.

Однако, в процессе развертывания мобильных сетей нового поколения в грядущем десятилетии операторы столкнутся с неизбежными трудностями. Существующие проблемы не являются непреодолимыми. Более того, изучение и применение зарубежного опыта, в частности Китая, поможет предотвратить множество ошибок, которые могут возникнуть в процессе внедрения мобильных сетей пятого поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ruisi He, Bo Ai, Zhangdui Zhong, Mi Yang 5G for Railways: the Next Generation Railway Dedicated Communications. //Электронный журнал IEEE Communications Magazine. 2022. Т. 60. № 12. С. 130–136.
- a. URL: https://www.researchgate.net/publication/361832676_5G_for_Railways_the_Next_Generation_Railway_Dedicated_Communications (дата обращения: 19.10.2025).
- 2 Kenny Trinh Exploring the advantages of 5G for the railway sector // Электронный журнал Global Railway Review, 2020. URL: <https://www.globalrailwayreview.com/article/97725/5g-advantages-railway-sector> (дата обращения: 19.10.2025).
- 3 Чжан Аогуй Применение технологии связи 5G в городском железнодорожном транспорте. // Электронный научный журнал «Научный аспект», 2020. URL: <https://na-journal.ru/5-2024-informacionnye-tehnologii/11663-primenenie-tehnologii-svyazi-5g-v-gorodskom-jeleznodorozhnom-transporte> (дата обращения: 19.10.2025).
- 4 Пиликина Е. А., Белоус К. В., Державин М. В. Перспективы и пути развития 5G в России. // StudNet. 2020. № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-i-puti-razvitiya-5g-v-rossii> (дата обращения: 19.10.2025).
- 5 Кодачигов В. Поговорили на частоту: в России определились с диапазонами для 5G. // Новостной интернет-портал мультимедийного информационного центра «Известия», 2024. URL: <https://iz.ru/1649416/valerii-kodachigov/pogovorili-na-chastotu-v-rossii-opredelilis-s-diapazonami-dlia-5g> (дата обращения: 19.10.2025).
- 6 РЖД могут внедрить сети 5G на высокоскоростных магистралях. //Официальный ресурс ОАО «РЖД» (Российские железные дороги) URL: <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=216440> (дата обращения: 19.10.2025).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ АППАРАТУРЫ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

И. В. Митрофанова, К. В. Сохина, М. А. Угольникова, А. А. Ключев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Подготовка кадров для организации удаленного мониторинга и контроля за состоянием аппаратуры автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта является актуальной задачей. Целью настоящей статьи является ознакомление обучающихся, аспирантов транспортных вузов, специалистов территориальных хозяйств компании ОАО «РЖД» с подходами и методами, используемыми для решения обозначенной выше задачи, представленной в материале иноязычной статьи: «*Improvement of control devices for road sections of railway automation and telemechanics*» авторов: Aziz Saitov, Janibek Kurbanov, Zohid Toshboyev, and Sunnatillo Boltayev, размещенной в научно-информационной социальной сети ResearchGate [1: 2].

Методы и средства.

Материал оригинальной статьи посвящен анализу систем, обеспечивающих контроль занятости железнодорожных путей (Рис.1). Рассматриваются следующие комплексы: микропроцессорная полуавтоматическая блокировка (MBSAB – Microprocessor – based semi-automatic blocking), автоматическая перегонная блокировка, автоматический блок-пост (МБАВР – Microprocessor-based automatic block post), микропроцессорная автоматическая перегонная сигнализация (МБАКС – microprocessor-based automatic crossing signaling), а также система контроля свободности станционных путей (DMVS – system of devices for monitoring the state of vacancy of station track sections). Эти устройства работают в режиме реального времени во время движения поездов, обеспечивая безопасность и непрерывный мониторинг [2: 432]. Для повышения эффективности управления движением между станциями были модернизированы микропроцессорные управляющие блоки, внедрены более надежные схемные решения и системы мониторинга. Также усовершенствованы коммутационные релейные схемы, применяемые в источниках бесперебойного питания, микропроцессорных комплексах и датчиках [3: 23].

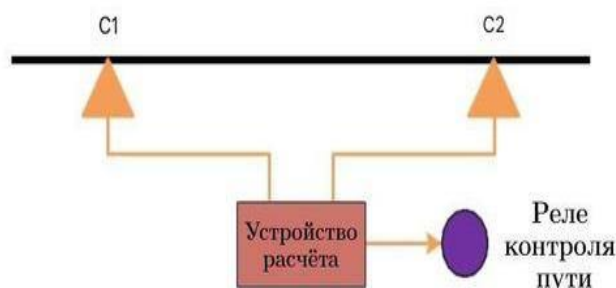


Рис. 1. Структурная схема устройства контроля наличия свободных участков пути

Микропроцессорная полуавтоматическая блокировка (MBSAB). Система MBSAB отличается высокой универсальностью и может использоваться на линиях с разным числом путей и типами тяги. Её архитектура включает пункты подсчета осей (ACP-axis counting point), состоящие из аксиальных датчиков (AS – axis sensors), преобразователей сигналов (SC – signal converters) и мультиплексоров (UMUX1, 2), которые обеспечивают передачу данных по оптоволоконным каналам связи. Эти пункты, как правило, размещаются на границах контролируемого перегона вблизи входных светофоров станций. Датчики осей (TS – track sensors) монтируются на рельсах без сверления с применением специального крепежа и подключаются к насосной станции, расположенной в кабельном шкафу [5: 312].

Станционное оборудование включает вычислительное устройство (CD – calculating device), реализующее логику полуавтоматической блокировки, выполняющее подсчет осей проходящих составов, анализ данных, определение состояния перегона (свободен/занят) и передачу информации в систему управления. В состав аппаратуры также входят средства управления, индикаторы состояния перегона, программное обеспечение для отслеживания поездов (ТА – track arrival), контрольные панели (СР – control panel) и источники бесперебойного питания [6: 135].

Принцип действия MBSAB сохраняет преемственность с классической полуавтоматической блокировкой, но дополнен функцией автоматического контроля свободности перегона и регистрации прибытия поезда. Примеры применения охватывают режимы диспетчерского управления и автоматизированной работы станции.

Микропроцессорная автоматическая переездная сигнализация (MBACS). Комплекс MBACS включает наземное оборудование, состоящее из счетных пунктов осей (CP1-CP4), светофоров, шлагбаумов для автомобилей и устройств ограждения переездов [4: 22]. Счетные пункты осей расположены на границах зон приближения к переезду, где участки ЛЕ и ЛУ обозначают зоны захода для четного и нечетного направлений соответственно. Длина этих участков рассчитывается исходя из установленных скоростей движения поездов и габаритов переезда.

Станционная часть системы содержит:

1. Устройства CD, программируемые для выполнения рабочих алгоритмов MBACS.
2. Реле переездной сигнализации, обеспечивающие корректную работу светофоров и управление шлагбаумами и DBC (Barriers of crossing).
3. Блоки бесперебойного питания (PSU – power supplies uninterruptible).
4. Необслуживаемую аккумуляторную батарею для поддержания работоспособности при отключении внешнего электропитания.
5. Оборудование EWBP, передающее данные о состоянии переезда на станцию, включая реле состояния (SR – status relay), реле мигающего сигнала (FR – flasher relay), реле управления мигающими устройствами (CFD – control flashing device) и реле сброса (RR – reset relay).

Функционирование MBACS базируется на аксиальном подсчете для контроля зон приближения и зоны переезда [8: 84]. Устройства CD выполняют алгоритмы сигнализации и управляют работой реле, датчиков и временными параметрами нахождения поезда в зоне переезда. При нарушении алгоритма переезд блокируется до полного освобождения всех контролируемых участков [9: 398].

Автоматический блок-пост (ABP). Оборудование ABP функционирует в составе системы микропроцессорной полуавтоматической блокировки и предназначено для увеличения пропускной способности участков. Устройства размещаются линейно вдоль перегона и подразделяются на две основные группы, количество которых определяется требуемыми пропускными показателями. В местах установки блок-постов также развернуты пункты подсчета осей, аналогичные применяемым в системе MBSAB.

Кроме того, блок-пост включает элементы управления и блоки равномерного (EWBP – even warning block post) и неравномерного (UWBP – uneven warning block post) оповещения. К управляющим компонентам относятся микропроцессорные комплексы ABP, исполнительные реле (ER – executive relays), которые обеспечивают интерфейс с такими объектами, как светофоры и рельсовые цепи, а также устройства сопряжения с линией связи и источники бесперебойного питания (UPSD – uninterruptible power supplies devices).

Работа автоматического блок-поста может быть продемонстрирована на примере организации движения двух поездов с четными номерами от станции А до станции Б. В данном процессе система последовательно определяет занятость участков, управляет светофорами и обеспечивает блокировку пути до полного освобождения перегона [10: 332].

Система контроля состояния свободности станционных участков пути (DMVS). Система DMVS предназначена для мониторинга свободных путевых участков на станциях магистрального и промышленного железнодорожного транспорта [7: 127].

Её структура включает следующие компоненты [8: 44]:

1. Точки подсчета осей (CP – counting points).
2. Контуры и ответвления для организации питания и связи (PCC – power and communication circuits).
3. Ретрансляторы сигналов (FSR – signal repeaters).
4. Устройства определения местоположения (PDD – position determining devices).
5. Реле перемещения (TR – travel relays).
6. Панели восстановления исходных параметров управления (PARS – parameter restore panels).
7. Источники бесперебойного питания (UPS – uninterruptible power supplies).

Анализ результатов. Рассмотрим основные достоинства представленных систем.

Ключевые преимущества системы MBSAB:

1. Автоматизированная передача данных о прибытии поезда, эффективное управление движением на перегоне и наличие интеллектуального механизма самодиагностики точек подсчёта после нештатных ситуаций.
2. Ведение журнала регистрации и архивирование всех событий в реальном времени.
3. Потенциал для простого расширения функциональных возможностей.

4. Непрерывный контроль свободности пути и возможность взаимодействия посредством голо-совой связи.
5. Существенное сокращение номенклатуры используемого оборудования и объемов работ по его техническому обслуживанию.

Ключевые преимущества системы МВАВР:

1. Возможность создания одного или нескольких последовательных блок-постов на перегоне без модификации аппаратной платформы.
2. Обеспечение непрерывного контроля свободности пути и управление логикой движения поездов по перегону.
3. Снижение эксплуатационных расходов.
4. Наличие системной диагностики и мониторинга событий с возможностью протоколирования и передачи данных на автоматизированные рабочие места (AWP – automated workstations).

Ключевые преимущества системы MBACS:

Наиболее важным преимуществом системы MBACS является отказ от рельсовых цепей и сопутствующего оборудования, что приводит к сокращению количества аппаратных средств и снижению трудоемкости обслуживания системы сигнализации.

Ключевые преимущества системы DMVS:

1. Локальный аксиальный подсчет на месте.
2. Организация передачи данных на станцию через интерфейс RS-485.
3. Возможность оценки состояния путевых участков каждым отдельным сенсором.

Выводы. Основными достоинствами рассмотренных систем являются: отсутствие необходимости применения путевых схем, а также ведение комплексной регистрации всех событий в реальном времени, что создает предпосылки для организации удаленного мониторинга. Проведенные испытания подтвердили высокие показатели надежности, безопасности и эксплуатационной эффективности данных систем. Эти характеристики важны для обеспечения безопасного и бесперебойного движения поездов, что в свою очередь способствует повышению доверия со стороны пассажиров и грузоотправителей. Надежность систем позволяет минимизировать риск аварийных ситуаций и связанных с ними последствий, а высокая эксплуатационная эффективность обеспечивает экономию ресурсов и улучшение качества обслуживания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Saitov A. A., Kurbanov J. F., Toshboyev Z.B., Boltayev S.T. Improvement of control devices for road sections of railway automation and telemechanics, 2021. URL: https://www.researchgate.net/publication/352086970_Improvement_of_control_devices_for_road_sections_of_railway_automation_and_telemechanics
- 2 Lisenkov V. M., Bestem'yanov P. F., Leushkin V. B. Control systems for trainmovements on the tracks. Textbook for universities railway transport. Route, 2009. C. 432 ISBN 978-5-89035-568-3.
- 3 Shchigolev S. A., Kondakova A. V., Sobol D. Ye. Automatics, Communications, Informatics, (11), 2013. C. 23-24.
- 4 Shchigolev S. A. Microprocessor-based automatic crossing signaling system ACS-MB-M, Shchigolev S. A., Kondakova A. V. // RSP- Expert. (2). 2014. C. 22–23.
- 5 Kiselev I. P. High speed rail transport. General course: textbook. Allowance, B 2 т. / Kiselev I.P. and ets, edited by Kiselev I. P. R. : EMC by education on the railway transport, 2014. C. 312.
- 6 Feduxin A. V. A new approach to the automation of railway crossings / Feduxin A. V., Gladkov V. A., Ar. A. Muxa // Mathematical machines and systems, (3). 2011. C. 135 – 141.
- 7 Nikitin A. B., Yashin M. G., Pantelev R. A. Mobile modules of electricalcentralization as measures for train traffi c control system reconstruction. Transport automatics, 1, (2). 2015. C. 127–142.
- 8 Efanov D. V., Plekhanov P. A. Traffi c safety protection by technical diagnostics andmonitoring of railway automa-tion and remote control devices, Transport Urala, (3). 2011. C. 44–48.
- 9 Sapozhnikov Vl. V., Kononov V. A., Kurenkov S. A., Lykov A. A., Nasedkin O. A., Nikitin A. B., Prokof'ev A. A., Tryasov M. S. Microprocessor interlocking system: A textbook for technical schools and colleges of railways. transport. Moscow, 2008. C. 398.
- 10 Pantelev R. A. Modern approach for reconstruction of train traffi c regulation atseparate stations. Scientifi c prob-lems of materiel support of Armed Forces of the Russian Federation. Collection of scientifi c papers/under the gen-eral editorship of professor V. S. Ivanovsky, Dr.Sc. (Econ). St. Petersburg, Publishing house of St. Petersburg Poly-technic University, 2015. C. 332–341.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СОЦИАЛИЗАЦИИ СТУДЕНТОВ ТРАНСПОРТНОГО ВУЗА

Т. В. Окунева, О. Н. Шестопалова

Уральский государственный университет путей сообщения

Введение. Роль высшего образования в настоящее время довольно серьезно трансформируется, что связано с рядом вызовов и особенностей как мировых, глобальных, так и локальных процессов. Необходимость поддержания высоких темпов научно-технического развития обостряет внимание к качеству подготовки высококвалифицированных кадров, а в задачи вуза включаются не только те, которые его обеспечивают, но и определяют профессиональную культуру и дальнейшее развитие специалистов. Таким образом, анализ факторов и результатов профессионального самоопределения студентов во время обучения в вузе, и планов по его окончании становится одним из важнейших аспектов деятельности образовательной организации, а процесс управления профессиональной социализацией – одной из приоритетных задач в воспитательной работе с молодежью.

Методы решения задачи. Интерес к изучению проблем профессиональной социализации проявляют многие исследователи. Разные аспекты становления личности как полноправного субъекта профессиональной деятельности, освоения профессионального опыта, ценностей и развития профессионализма раскрываются в работах отечественных и зарубежных авторов. Большое количество научных трудов посвящено вопросам профессионального становления (Ананичева С.Р., Зеер Э.Ф., Зубок Ю.А., Кон И.С., Кораблева Г.Б., Мудрик А.В., Чередниченко Г.А., Чупров В.И., Шавир П.А. и др.), уровням и этапам социализации, в том числе профессионально-трудовой (Аверьянов Л.Я., Данцигер К., Кириллова А.И., Клаузен Дж., Климов Е.А., Макарова С.Н., Маркова А.К., Пробст Л.Э., Щепаньский Я. и др.), а также факторам профессиональной социализации (Замятина О.Н., Кибанов А.Я., Лебедев К.Ю., Попов Е.А., Шаталова Н.И. и др.). При этом данный феномен рассматривается как один из элементов общего процесса социализации. Нередко авторы подчеркивают его тесную связь с категорией жизненного самоопределения, указывая, что профессиональная деятельность и труд в целом позволяет человеку «увидеть» себя в пространстве возможностей, достигать результатов, выстроить свое присутствие и участие в обществе [1, 5-6, 11].

Одним из этапов профессиональной социализации квалифицированного специалиста выступает процесс обучения в вузе. В этот период человек приобретает важные профессиональные знания и навыки, развивает свою компетентность, равно как целеустремленность, настойчивость, самостоятельность и прочие качества, что позволяет ему в дальнейшем свободно конкурировать на рынке труда и в конкретной сфере, быть социально гибким в любых ситуациях. Следовательно образовательную среду вуза, как отмечают А.С. Максименкова и О.А. Анисимова, можно рассматривать как совокупность ряда факторов и условий, которые способствуют развитию личностных и профессиональных качеств личности, что обеспечивает движение процесса профессиональной социализации [3: 64]. В этом случае заметное место занимает проблема мотивов учебно-профессиональной деятельности и ценностных ориентаций молодежи. Несмотря на значительный объем публикаций по данной теме потребность в анализе проблем профессионального образования, исследовании процесса интеграции студенческой молодежи в профессиональную среду, динамики ее профессионально-трудовых предпочтений в период обучения в вузе остается актуальной задачей социологии.

Для анализа особенностей процесса профессионального становления специалистов, определения мотивов и факторов выбора профессии, исследования карьерных ожиданий молодежи авторы использовали результаты ежегодного анкетирования студентов Уральского государственного университета путей сообщения за 2021-2024 гг. (выборка по каждому году составила не менее 957 чел., с учетом представленности студентов всех специальностей и направлений подготовки и курсов обучения), а также материалы вторичных исследований об актуальном состоянии рынка труда и профессиональных траекториях молодого поколения и т.п.

Анализ полученных результатов. В целом, структура мотивов и факторов выбора учебного заведения остается постоянной, но значимость некоторых из них меняется (табл.). Так, желание получить высшее образование остается лидирующим мотивом среди поступивших в УрГУПС (65,9 %), наряду с мотивами освоить перспективную специальность (39,6 %) и поступить на бюджетное место (32,6 %). Возросла значимость такого фактора как «интерес, склонность к выбранной специальности» – каждый третий

опрошенный ориентировался на него при выборе вуза. В то же время, серьезно упала значимость таких аспектов, как «престижность вуза» (-10,2 %) и перспективы трудоустройства на предприятия ОАО «РЖД» (-15,3 %).

Таблица

Рейтинг факторов, оказывающих влияние на выбор университета, в % к числу ответивших

	2021	2022	2023	2024
Желание получить высшее образование	63,5%	62,2%	67,3%	65,9%
Получение перспективной специальности	44,1%	43,1%	39,7%	39,6%
Возможность учиться на бюджете	36,8%	37,8%	34,9%	32,6%
Интерес, склонности к профессии, которой обучаются	33,3%	32,9%	27,4%	30,6%
Престижность вуза	34,6%	33,3%	24,7%	23,7%
Предоставление общежития на период обучения	25,4%	21,4%	23,7%	22,4%
Возможность дальнейшего трудоустройства на предприятия ОАО «РЖД»	35,2%	27,8%	24,5%	19,9%
Относительно низкая стоимость обучения	22,9%	23,4%	18,5%	16,3%
Целевое направление от предприятия	21,3%	14,9%	16,1%	13,5%
Наличие знаний по профильным предметам	13,7%	12,3%	12,2%	12,9%
Железнодорожная династия	11,1%	10,0%	10,1%	8,6%
Пригласили как спортсмена	0,3%	2,1%	1,8%	2,7%

При выборе специальности современные студенты ориентируются в большей степени на личное мнение. В 2024 году лишь 7,5 % студентов отметили, что их мнение не являлось решающим при выборе учебного заведения, более половины опрошенных (58,2 %) указали, что родители никак не влияли на их выбор и 64,5 % подчеркнули, что поступили бы в этот вуз, если снова пришлось выбирать учебное заведение. Помимо этого, фактор престижности вуза начинает уступать фактору личной заинтересованности абитуриента и не зависит от направления обучения и успеваемости (значения коэффициентов корреляции не превышает 0,26, что говорит об отсутствии взаимосвязи).

Перспективы работы по специальности, а также ее содержание оцениваются студентами положительно, они считают профессию востребованной и планируют связать с ней свое будущее (рис. 1). Опрос показал, что большинство студентов начинают работать уже во время обучения (55,4 %), из них 35,8 % – по специальности или близкой к ней сфере.

Среди тех, кто работает, каждому третьему (31,3 %) это было необходимо. Больше половины совмещали работу с учебой потому, что имели такую возможность, но острой необходимости в этом не было, что обосновывает стихийность выбора сферы занятий и ориентацию в этом выборе только на размер вознаграждения. И только 13,6 % хотели получить новый опыт, который был связан с интересом к профессиональной деятельности. Возможности совмещения работы и учебы в настоящее время довольно велики: расписание занятий подразумевает неполную занятость в течение дня, а также наличие 1-2 дней в неделю без них.



Рис. 1. Оценка удовлетворенности и перспектив выбранной специальности, в % к числу ответивших (доля положительных ответов)

Несмотря на то, что специальность нравится и с ней хотят связать свое будущее подавляющее большинство студентов, только половина выпускников ориентируется на трудоустройство по получаемой специальности после окончания университета. Думается, что причина такого противоречия кроется именно в наличии нескольких возможных вариантов трудоустройства. За время учебы в вузе часть студентов осваивает альтернативную специальность, что дает им возможность дальнейшего

выстраивания карьеры в этой области, но не исключается вероятность возвращения к той профессиональной сфере, которую они выбрали при поступлении.

Большое значение имеет среда, в которой осуществляется подготовка специалистов. Именно она может сформировать образ будущей специальности, заложить основы профессиональной этики и деловой культуры. Атмосфера университета, которая определяет особенности процесса профессиональной социализации, также оценивалась по ряду параметров (рис. 2).

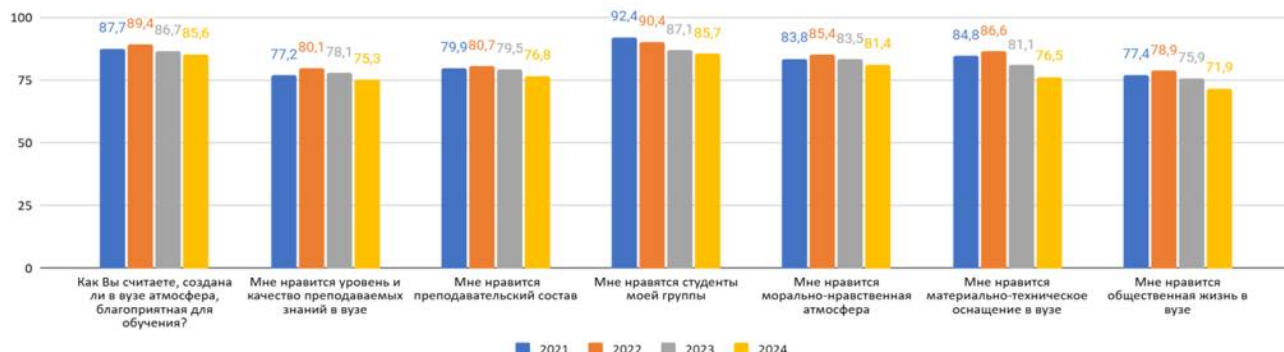


Рис. 2. Оценка уровня удовлетворенности некоторыми аспектами работы университета, в % к числу опрошенных (доля положительных ответов)

Несмотря на то, что оценки за последние годы несколько снизились, они все еще на высоком уровне: подавляющее большинство студентов положительно оценивает вуз по всем критериям, заявленным в исследовании. Снижение показателей может быть связано с тем, что используемые инструменты организации учебного процесса, а также внеучебной работы традиционны, что и воспринимается менее позитивно. При этом, такая ситуация в целом характерна для всей системы образования. Так, исследование ВЦИОМ показало, что большинство студентов (64 %) удовлетворены условиями обучения и отношениями с преподавателями, но указывают на проблемы с материально-технической базой и организацией учебного процесса [9]. Схожее исследование портала «Газета.Ру» показало, что более половины студентов чувствует себя комфортно в своем вузе (60 %), однако часть отмечает перегруженность и недостаток поддержки. Можно отметить, что причина скорее всего в смене условий и форматов школьного обучения на вузовские: частая смена дисциплин, преподавателей и периодов аттестации, безусловно, вызывает большие нагрузки, ответственность и, как следствие, стресс [10].

За период обучения каждый пятый студент, не имевший ясного представления о получаемой специальности его приобретает, а совокупная доля таких студентов возрастает с 28 % на начальных курсах до 53,5 % на выпускных. Возможно, усилить эффективность профессиональной социализации позволит изменение ориентации и структуры внеучебной деятельности. В настоящий момент мероприятия в большей степени имеют творческий характер, что, безусловно, важно для многостороннего развития личности будущего специалиста [2, 8], тем не менее, тематика самих мероприятий редко связана с профессиональной сферой, раскрытием значимости профессий для общества. Помимо этого, недостаточно активны студенты и в научных мероприятиях, невысокий престиж данного вида работы, а также высокая загруженность преподавателей не способствует ее активизации, что также снижает эффективность профессиональной социализации за время обучения.

Практическое приложение результатов. Полученные результаты могут быть использованы представителями и руководителями транспортных вузов как основных агентов профессиональной социализации с целью разработки целевых программ и организации условий, способствующих эффективной профессиональной социализации студентов.

Выводы. Исследование показало, что акценты при выборе специальности и учебного заведения современными студентами лежат в плоскости субъективных, личных интересов. Ни возможный недостаток знаний по профильным предметам, ни престиж вуза не являются существенными факторами при выборе специальности. В то же время, возможность получить высшее образование, а также перспективную специальность на протяжении последних четырех лет занимают ведущее место в рейтинге факторов выбора места получения профессионального образования. Несколько снизилась за последние годы удовлетворенность основными параметрами вузовской среды, что, вероятно, связано с использованием традиционных инструментов социализации и требуют модернизации, адаптации форматов работы со студентами. К концу обучения более половины студентов завершают, хоть и частично, процесс профессиональной социализации, что не всегда связано с перспективами трудоустройства: получение

дополнительного опыта работы за время обучения, не связанного с получаемой специальностью, создает альтернативы в профессиональном треке, что на наш взгляд, лишь способствует более адекватному выбору сферы деятельности и не препятствует последующему возврату к специальности, полученной в вузе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Здравомыслов А. Г., Ядов В. А. Человек и его работа в СССР и после : учеб. пособие для вузов. М., 2003. 485 с.
- 2 Макаренко Ю. В., Везетиу К. П. Формирование личности будущего специалиста: гуманитарные и социальные аспекты // Проблемы современного педагогического образования. 2025. № 86-1. С. 247-250.
- 3 Максименкова А. С., Анисимова О. А. Профессиональная социализация студентов // Вестник науки и образования. 2018. Т. 2. № 8 (44). С. 63-66.
- 4 Окунева Т. В., Шестопалова О. Н. Формирование и поддержание профессиональных ожиданий выпускников транспортных вузов в процессе обучения // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2019. № 3(43). С. 79-89.
- 5 Попов Е. А., Замятина О. Н., Ахмедова А. Р., Кода Е. А., Замятин И. Д. Факторы профессиональной социализации студентов (на примере Алтайского государственного университета) // Социодинамика. 2023. № 12. С. 1-21.
- 6 Проскурина А. С. Социализация и социализированность через призму трудовой деятельности: определение понятий // Общество: социология, психология, педагогика. 2025. №. 6. С. 14-21.
- 7 Ребышева Л. В. Особенности процесса профессиональной социализации студентов // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. 2023. № 2 (83). С. 37-46.
- 8 Ромм Т. А. Социальность и профессиональное воспитание в высшей школе // Вестник экономической безопасности. 2025. № 1. С. 256-259.
- 9 Российские вузы глазами студентов // ВЦИОМ [офиц. сайт]. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/rossiiskie-vuzy-glazami-studentov> (дата обращения 5.10.2025).
- 10 Российские студенты рассказали, комфортно ли им в своем вузе // Газета.RU: ежедневн. интернет-изд. 2023. 31 июля. URL: <https://www.gazeta.ru/social/news/2023/07/31/20974460.shtml> (дата обращения 5.10.2025).
- 11 Чупрякова А. Г., Григашкина С. И. Влияние профессиональной подготовки в рамках профессиональной социализации личности на изменения профессиональной среды // Социально-трудовые исследования. 2025. Т. 58. № 1. С. 161-168.
- 12 Шарова Е. Н., Малеус Д. В. Профессионально-образовательные ориентации обучающихся выпускных курсов регионального вуза (по материалам эмпирического исследования) // Вестник университета. 2025. № 4. С. 230-239.

УДК 372.853

РАЗВИТИЕ ИНТЕРЕСА К ФИЗИКЕ ЧЕРЕЗ УЧАСТИЕ СТУДЕНТОВ В НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Е. А. Русинова, Е. И. Авксентьева

Уральский государственный университет путей сообщения

Введение. Физика – одна из фундаментальных наук, обеспечивающих развитие технологий и инфраструктуры современного мира. Однако для учащихся, важным является не только изучение теоретических основ, но и формирование навыка прикладных исследований, связанных с профессиональной деятельностью. Для студентов технического вуза глубокое понимание технологического процесса может быть простимулировано через развитие интереса к физике. Одним из эффективных способов достижения этого является активное участие студентов в научной деятельности.

В данной статье раскрывается проблема развития интереса учащихся к дисциплине физика. Определены факторы, способствующие развитию интереса к изучению естественных наук. Авторы раскрывают личный опыт привлечения студентов инженерных специальностей к научно-исследовательской деятельности кафедры в техническом вузе.

Материалы и методы исследования. Физика как учебная дисциплина предоставляет широкий спектр возможностей для организации и проведения учебно-исследовательской работы [1, 2, 3]. Кафедра «Естественнонаучные дисциплины» Уральского Государственного Университета Путей Сообщения (УрГУПС), регулярно привлекает студентов к участию в конференциях различного уровня и является организатором, ставшей уже традиционной, конференции «Математические методы решения

исследовательских задач». Работа участников конференции осуществляется в нескольких секциях, одна из которых, связана с прикладными исследованиями в области физики «Моделирование физических и химических явлений».

Формировать интерес к научно-исследовательской деятельности у студентов кафедра начинает с первого курса. Преподаватели на занятиях по физике делятся с учащимися информацией о направлениях научной деятельности, перспективах исследований и возможностями их дальнейшего применения. Заинтересованные студенты начинают с несложных исследований, полученные результаты анализируют и представляют на кафедральных, общеуниверситетских и внешних конференциях, а так же в виде публикаций в сборниках конференций или журналах.

Участие в научных исследованиях стимулирует любопытство и способствует развитию навыков критического мышления, аналитического подхода и умения работать с экспериментальными данными. В процессе проведения собственных экспериментов, участия в конференциях и научных проектах студенты не только лучше понимают теоретические концепции, но и видят их практическое применение. Это создает более яркую ассоциацию между изучаемой дисциплиной и реальным миром, вызывает интерес и мотивацию к дальнейшему развитию. Взаимодействие с преподавателями и коллегами по научным проектам помогает студентам увидеть потенциал своих возможностей и поверить в свои силы [4, 5].

Для анализа научной активности и заинтересованности учащихся УрГУПС в научных мероприятиях были проведены исследования, результаты которых представлены ниже.

Результаты исследования и их обсуждение. Основным объектом изучения стала кафедральная конференция. Рассмотрена активность работы студентов вуза в секции «Моделирование физических и химических явлений», так как авторы принимали в ней непосредственное участие. Рассматриваемый период 2020-2024 гг.

Статистика участия студентов в работе секции за исследуемый период, наглядно представлена на рис. 1. Наблюдается явный рост количества участников данного мероприятия. Если в 2020 г. участие в данной секции приняли только 5 студентов, то в 2024 уже 14 человек. Прирост составил 180 %.

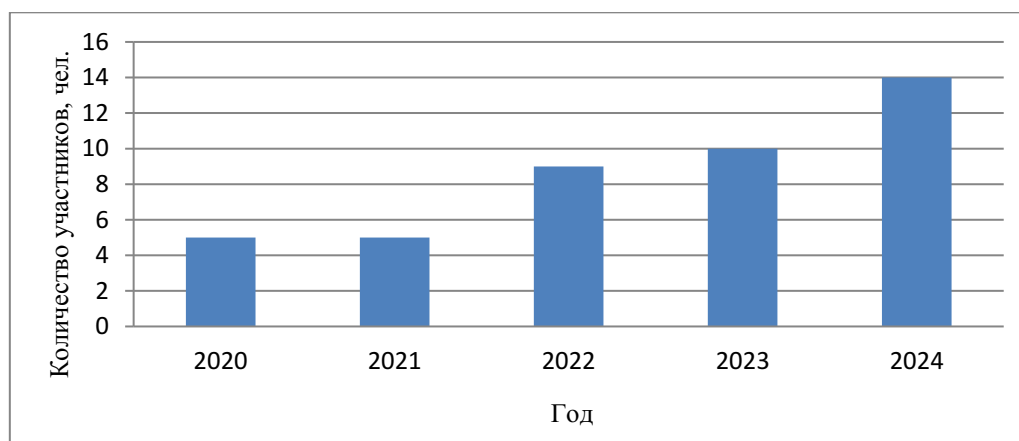


Рис. 1. Количество участников секции «Моделирование физических и химических явлений» с 2020 по 2024 гг.

Также, для оценки общей активности научной деятельности студентов в области физики были собраны данные по количеству участников всех мероприятий, на которых были представлены результаты исследований (рис. 2.).

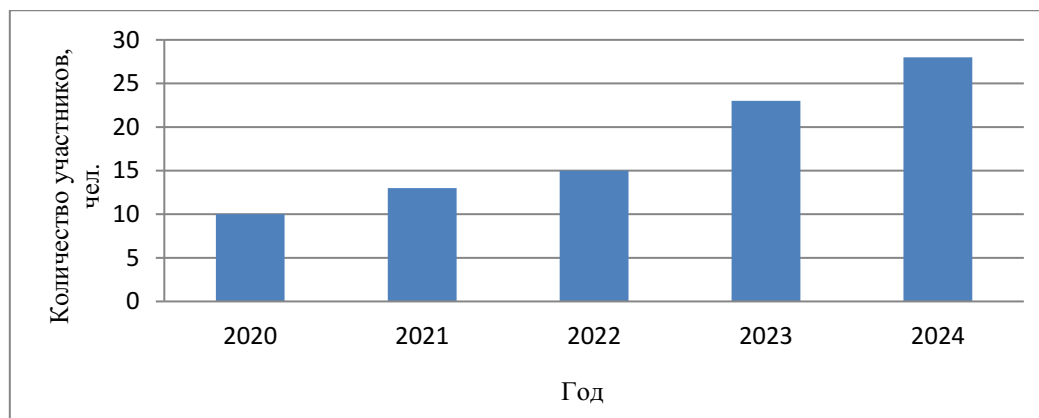


Рис. 2. Общее количество студентов-участников научно-исследовательской деятельности в области физики с 2020 по 2024гг.

Диаграмма, представленная на рис.2, показывает стабильное увеличение интереса студентов данного вуза к такого рода деятельности. Отмечается резкий подъем числа заинтересованных студентов с 2023 г. и такая тенденция сохранилась и в 2024 году.

Факторы, которые влияют на рост числа участников научной деятельности:

- мотивационная работа со стороны администрации университета, которая заключается в информировании студентов обо всех плюсах научно-исследовательской работы;
- «собственные амбиции», повышенное стремление студентов продемонстрировать углубленные знания в какой-то области научного познания, с целью расширения своего портфолио будущего специалиста;
- моральное и материальное стимулирование научной работы заинтересованных преподавателей с талантливыми студентами.

Выводы. Сопоставляя полученные данные и опираясь на представленные диаграммы можно утверждать, что заинтересованность студентов в более глубоком изучении дисциплины физика растет. При подготовке к участию в конференции студенты развивают личностный потенциал и формируют профессиональные компетенции, а так же повышается интерес к учебной и научно-исследовательской деятельности.

Развивая у студентов интерес к общеобразовательным дисциплинам [6], в данном случае к физике, запускается мощный механизм в образовательном процессе, что способствует развитию необходимых в профильном образовании навыков. Формируется направленность студентов на овладение знаний в данной области, а появившаяся заинтересованность становится сильным мотивационным фактором.

Для эффективного развития интереса к физике необходимо создавать благоприятные условия: проведение научных семинаров, конкурсов, конференций и научных студенческих кружков. Важно организовывать поддержку молодых ученых и поощрять их исследования. Также значимую роль играет наставничество со стороны преподавателей и научных руководителей, которые помогают студентам ориентироваться в сложных вопросах.

В целом, участие студентов в научной деятельности является мощным инструментом развития интереса к физике. Такая практика закладывает основу для будущих научных достижений и профессионального становления. Поэтому университеты и научные учреждения должны активизировать усилия по интеграции студентов в исследовательскую среду, способствуя формированию нового поколения специалистов – страстных и увлеченных наукой профессионалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Авксентьева Е. И. Участие студентов технических вузов в олимпиадах по физике: мотивация и цели // Инновационные технологии обучения математическому и имитационному моделированию студентов транспортного вуза. Сборник научных трудов. Под научной редакцией Г.А. Тимофеевой, О.В. Куликовой. Екатеринбург, 2022. С. 43–47.
- 2 Попов А. И., Пучков Н. П. Методологические основы и практические аспекты организации олимпиадного движения по учебным дисциплинам в вузе: монография. Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. 212 с.
- 3 Русинова Е. А., Авксентьева Е. И. Анализ активности и успеваемости студентов УРГУПС в олимпиадах по физике // Наука и образование транспорту. Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. С. 249-253.

- 4 Русинова Е. А. Эффективные методы преподавания физики на кафедре естественнонаучных дисциплин УрГУПС// Наукосфера. №9 (1), 2023.
- 5 Русинова Е. А., Сабирзянов А. А. Анализ разных форм проведения лабораторного практикума по физике на кафедре ЕНД УрГУПС// В сборнике: математические методы и информационные технологии. Сборник научных трудов. Екатеринбург, 2024. С 76-87.
- 6 Авксентьева Е. И., Русинова Е. А. Олимпиада по физике как способ повышения качества образования // Наука и образование транспорту.2024. № 2. С. 200-203.

УДК 378.147

ТРАНСФОРМАЦИЯ МОДЕЛИ ОБУЧЕНИЯ В ЭПОХУ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Т. Г. Сергеева¹, В. Ю. Волкова²

¹Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

²Сианьский железнодорожный профессионально-технический институт

Введение. В связи с быстрым развитием науки и информационных технологий сфера образования постоянно совершенствуется и применяет на практике инновационные технологии, позволяющие обеспечить более персонализированный, эффективный и осознанный вариант обучения. Активное использование возможностей искусственного интеллекта влечет за собой серьезные изменения в модели образования.

В эпоху искусственного интеллекта, внедрение инновационных технологий в образовательный процесс способствует изменению методов и способов образования. Применение искусственного интеллекта коренным образом меняет способы обучения, получения, распространения и применения знаний.

В настоящий момент подрастает первое поколение так называемых «цифровых туземцев» или «цифровых аборигенов». Это люди, рожденные после 2002 года, имеющие общие психические особенности. Для них характерно клиповое мышление, поиск информации вместо знаний, виртуальные друзья, желание неугасаемой популярности. Виртуальная реальность им ближе и понятнее реальной. Также как следствие их малой физической активности стоит отметить проблемы со здоровьем, связанные с искривлением позвоночника, ухудшением зрения. Представители этого поколения требуют нового подхода к обучению и образованию. Им не подходят существующие традиционные методы. Они не способны воспринимать большие объемы текста, долго на чем-то концентрировать свое внимание.

В образовании таких обучающихся необходимо учитывать особенности восприятия ими информации, использовать мотивации и потребности этого поколения, выросшего в эпоху цифровизации. Информация воспринимается ими лучше через видео, инфографику, чем через текст. Рассматриваемое поколение ценит знания, которые применимы в реальной жизни и скептически относится к абстрактным теориям. Они ожидают быстрой оценки своих действий. Слабая концентрация их внимания вызвана адаптацией мозга к большому объему информации.

В настоящее время традиционные методы обучения становятся малоэффективными. Образовательный процесс следует адаптировать под цифровой формат. В процессе обучения следует применять:

1. Персонализированные учебные планы.
2. Интерактивные методы.
3. Практические задания.
4. Творческие проекты.
5. Ролевые и деловые игры.
6. Совместное обучение в небольших группах.

В целях повышения мотивации обучающихся необходимо совершенствовать существующую модель обучения [1]. В учебном процессе следует применять следующие технологии:

- геймификация;
- мини-лекции продолжительностью до 8 минут;
- короткие видеоролики;
- визуальные материалы;
- 3D-модели.

В настоящее время развитие грамотности в области искусственного интеллекта становится все более значимым [2, 3]. Речь идет не только о понимании и применении обучающимися

технологий искусственного интеллекта, но и о том, как они могут критически мыслить и творчески реагировать на сложные вызовы в этой новой среде знаний. Таким образом, перед лицом технологических

изменений учащиеся должны не только овладевать знаниями, но и развивать новые способности, подходящие для эпохи искусственного интеллекта.

При отсутствии у обучающихся необходимого уровня грамотности в области искусственного интеллекта можно переоценить его возможности. Следует отметить, что развитие генеративного искусственного интеллекта не только меняет путь обучающихся к приобретению и обработке знаний, но и заставляет задуматься о природе этих знаний и их истинности.

Популярные инструменты генеративного искусственного интеллекта такие как ChatGPT, GigaChat, DeepSeek и др. в настоящий момент переживают пик завышенных ожиданий по Гартнеру (рис.) и постепенно начинают опускаться к нижней точке разочарования. Сформировавшиеся завышенные ожидания от потенциальных перспектив больших языковых моделей (LLM) уже сейчас сменяются разочарованием. Например, при работе с текстами все чаще наблюдается низкокачественный результат, который выражается повторами, ухудшением качества информации в целом.

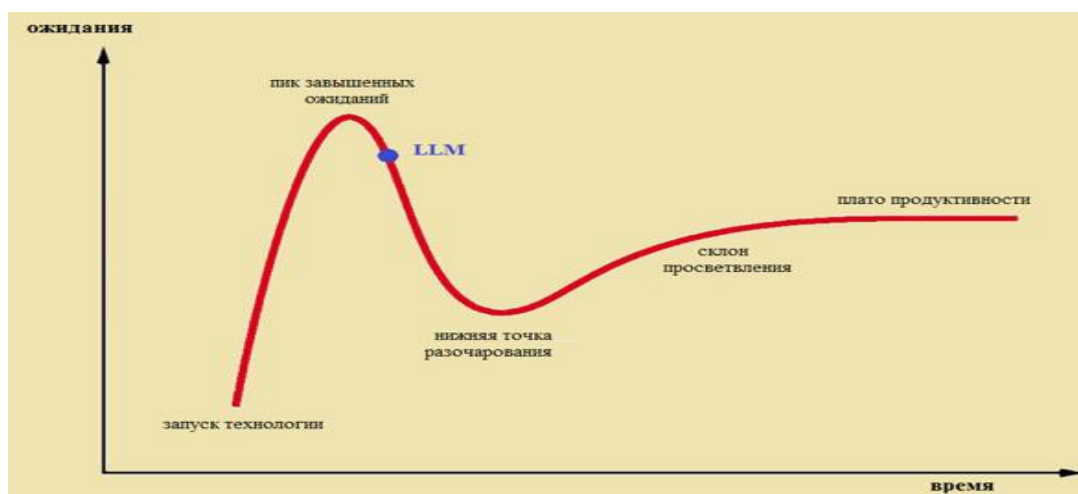


Рис. Цикл зрелости технологии Гартнера

Контент, сформированный генеративным искусственным интеллектом, не обладает характеристиками «глубоких знаний». Он не поддается проверке и систематизации, ему не хватает социальной реальности. В свою очередь обучающиеся не могут интегрировать полученные от искусственного интеллекта фрагментированные знания, в совокупность своих знаний.

Процесс интеграции искусственного интеллекта в образование является неизбежным. Суть управления высшим образованием заключается в том, чтобы сбалансировать скорость технологического развития с рисками, которые оно несет. Использование инновационных технологий в преподавании позволит всем участникам образовательного процесса адаптироваться к тенденциям развития цифровой эпохи и создать более эффективную модель высшего образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Власюк, Т. А. Применение квалиметрических методов для оценки качества подготовки курсовых проектов студентами / Т. А. Власюк // Преподаватель высшей школы в XXI веке : Труды 22-й Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 30–31 мая 2025 года. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. С. 98-107.
- 2 Марченко, М. А. Технологии и инструменты искусственного интеллекта на железнодорожном транспорте / М. А. Марченко, А. С. Бессолицын, Е. Ю. Мокейчев // Актуальные вопросы инженерного предпринимательства в условиях Индустрии 4.0 : Сборник трудов студенческой научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией М.А. Дроздовой, О.Д. Покровской, Санкт-Петербург, 17 мая 2023 года. Москва: РИОР, 2023. С. 346-354.
- 3 Грачев, А. А. Формирование корпоративных компетенций как условие конкурентоспособности транспорта / А. А. Грачев, И. Н. Шутов // Транспорт РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ и ПЕРСПЕКТИВЫ - 2016 : Материалы Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 29–30 ноября 2016 года. Том 2. Санкт-Петербург: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2016. С. 127-131. EDN YHNUV.

УДК 37.015 31:377

ПРОБЛЕМА АКАДЕМИЧЕСКОЙ НЕУСПЕВАЕМОСТИ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТЕХНИКУМЕ И ПУТИ ЕЁ РЕШЕНИЯ

К. С. Тимашкова, О. В. Сизенкова

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I
филиал ПГУПС в Калуге

Введение. Актуальность проблемы. Система среднего профессионального образования, являясь ключевым звеном в подготовке квалифицированных кадров для базовых отраслей экономики, в частности, для железнодорожного транспорта, сталкивается с серьезной проблемой – академической неуспеваемостью и последующим отчислением студентов на первых курсах. Высокий процент «отсева» на этапе перехода от школьного к профессиональному обучению наносит значительный экономический ущерб как учебному заведению, так и будущему работодателю (в лице ОАО «РЖД»), заинтересованному в стабильном притоке мотивированных и хорошо подготовленных специалистов.

Период обучения на 1-2 курсах железнодорожного техникума характеризуется комплексом вызовов для студента: резкое увеличение академической нагрузки, смена социального окружения, необходимость освоения новых, сугубо профессиональных дисциплин, и, что немаловажно, формирование корпоративной идентичности железнодорожника. Традиционные педагогические методы, направленные на работу с уже состоявшейся неуспеваемостью, часто носят запоздалый и административный характер (пересдачи, академические отпуска, отчисление), не устраняя коренных причин возникших трудностей.

Необходим упреждающий подход, направленный на раннее выявление студентов группы риска и оказание им своевременной, комплексной поддержки. Такой подход должен сочетать в себе как академическую помощь, так и психологическую поддержку, облегчая процесс адаптации и способствуя формированию устойчивой учебной мотивации [1: 15-21].

Постановка задачи. Целью данной работы является разработка и теоретическое обоснование программы преодоления академической неуспеваемости студентов 1-2 курсов железнодорожного техникума, основанной на интеграции двух ключевых элементов [3: 192].

1. Системы тьюторства с привлечением успевающих студентов-старшекурсников.
2. Целенаправленного психолого-педагогического сопровождения учебного процесса.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выявить и классифицировать основные причины академической неуспеваемости на основе анализа литературы и данных внутренней статистики техникума;
- разработать структурную модель программы тьюторства и психолого-педагогического сопровождения;
- определить функциональные обязанности и зоны ответственности участников программы (тьюторы, педагоги-психологи, кураторы, преподаватели);
- предложить конкретные формы и методы работы в рамках программы;
- оценить потенциальную эффективность и практическую значимость предлагаемых мер [2: 537].

Методы решения задачи

Для решения поставленных задач был использован комплекс методов, включающий теоретический анализ педагогической и психологической литературы, изучение и обобщение педагогического опыта, а также проектирование организационной модели.

1. Анализ причин неуспеваемости. На первом этапе были систематизированы основные факторы, приводящие к неуспеваемости студентов-первокурсников техникума:

- Адаптационные: Неспособность быстро перестроиться с школьной системы обучения на интенсивную программу техникума; трудности в самостоятельной организации времени (тайм-менеджмент).
- Когнитивные (познавательные): Пробелы в школьных знаниях, недостаточная сформированность общеучебных навыков (работа с информацией, конспектирование).
- Мотивационные: Недостаточное понимание специфики и перспектив будущей профессии; разочарование в выборе; низкая учебная мотивация.
- Социально-психологические: Конфликты в группе, трудности в общении с преподавателями, неуверенность в себе, повышенная тревожность, личностные проблемы.
- Внешние: Проблемы в семье, необходимость подработки, ухудшение состояния здоровья [2: 536].

2. Разработка комплексной программы. На основе выявленных причин была спроектирована двухуровневая программа помощи, которая реализуется в течение первого и второго семестров обучения.

Уровень 1: Тьюторская поддержка (студент-студенту)

- Отбор и подготовка тьюторов: В роли тьюторов выступают студенты 3-4 курсов, имеющие высокую академическую успеваемость, развитые коммуникативные навыки и мотивацию к помощи. Для них организуется специальный краткий курс подготовки, включающий: основы педагогики и психологии общения, техники объяснения учебного материала, правила академической целостности, знакомство с корпоративной культурой РЖД.

- Формы работы тьюторов:

- Групповые консультации: Регулярные дополнительные занятия по сложным предметам (например, техническая механика, электротехника).

- Индивидуальные консультации: Помощь в выполнении домашних заданий, разборе пропущенных тем.

- Организационная помощь: Помощь в планировании учебной недели, подготовке к сессии.

- Неформальное наставничество: Передача опыта успешной учебы и внеучебной жизни в техникуме, снижение социального барьера между курсами [3: 192].

Уровень 2: Психолого-педагогическое сопровождение (профессиональный уровень)

- Ранняя диагностика: В течение первого месяца обучения проводится психолого-педагогическая диагностика всех студентов-первокурсников с целью выявления группы риска. Используются методики на определение уровня тревожности, учебной мотивации, социометрии для анализа климата в группе.

- Работа педагога-психолога:

- Индивидуальное консультирование: Работа со страхами, тревожностью, проблемами с самооценкой, разрешение внутренних и внешних конфликтов.

- Тренинги: Проведение групповых тренингов личностного роста, коммуникативных навыков, командообразования и управления стрессом (особенно перед сессией).

- Профориентационная работа: Углубленное погружение в профессию через встречи с практиками, экскурсии на предприятия, чтобы усилить мотивационную составляющую.

- Координация с кураторами и преподавателями: Психолог и тьюторы работают в тесной связке с куратором учебной группы и преподавателями, оперативно обмениваясь информацией о трудностях студентов и координируя усилия [4: 576].

Схема взаимодействия:

Студент группы риска → Выявление (куратор, преподаватель, диагностика) → Направление к тьютору (академические трудности) / к психологу (личностные трудности) → Совместный анализ динамики → Корректировка мер поддержки.

Анализ полученных результатов

Оценка эффективности предложенной программы носит прогностический характер, однако ее внедрение позволяет ожидать ряда положительных результатов по сравнению с традиционной системой.

1. Снижение уровня академической неуспеваемости. Систематические занятия с тьюторами позволят ликвидировать пробелы в знаниях на ранней стадии, что напрямую отразится на результатах текущего контроля и экзаменационных сессий. Ожидается снижение количества задолженностей и студентов, идущих на академическое отчисление, на 25-40 % в течение первого года реализации.

2. Повышение уровня адаптации и психологического комфорта. Благодаря работе психолога и неформальной поддержке тьюторов у студентов снизится уровень тревожности и стресса. Социометрические замеры после цикла тренингов покажут более сплоченную структуру учебных групп и снижение количества микроконфликтов.

3. Формирование устойчивой учебной и профессиональной мотивации. Понимание того, что в техникуме создана поддерживающая среда, и осознанное погружение в профессию через общение со старшекурсниками-тьюторами, которые уже прошли практику на предприятиях РЖД, повысит интерес к учебе и уверенность в правильности выбранного пути.

4. Развитие личностных и профессиональных компетенций у тьюторов. Сами тьюторы, участвуя в программе, получают бесценный опыт руководства, менторства и публичных выступлений, что является важным элементом их собственного профессионального становления как будущих руководителей среднего звена на железной дороге.

Практическое приложение результатов

Разработанная программа является готовым проектом к внедрению в образовательный процесс железнодорожного техникума [4: 576].

1. Дорожная карта внедрения:

- Этап 1 (Организационный): Издание приказа по техникуму, назначение ответственного координатора, разработка положений о тьюторстве и работе психологической службы в рамках программы.

- Этап 2 (Подготовительный): Отбор и обучение первого набора тьюторов (10-15 человек). Подготовка диагностического инструментария для педагога-психолога.
- Этап 3 (Пилотный запуск): Аprobация программы на 1-2 учебных группах первокурсников в течение одного семестра.

- Этап 4 (Мониторинг и корректировка): Сбор обратной связи от студентов, тьюторов, преподавателей. Анализ академических результатов пилотных групп. Корректировка программы.

- Этап 5 (Полномасштабное внедрение): Распространение программы на все наборы первокурсников.

2. Необходимые ресурсы:

- Кадровые: Координатор программы (заместитель директора), педагог-психолог (расширение зоны ответственности), кураторы учебных групп, преподаватели-методисты.

- Материальные: Небольшое стимулирующее вознаграждение для тьюторов (надбавка к стипендии, сертификаты), помещение для проведения консультаций и тренингов, канцелярские товары.

- Временные: Выделение часов в расписании для групповых консультаций тьюторов и тренингов психолога.

3. Критерии оценки эффективности программы:

- Количественные: Процент успеваемости по итогам сессии; количество студентов, сдавших сессию без «хвостов»; процент отчисленных по академической неуспеваемости; количество студентов, вовлеченных в программу.

- Качественные: Результаты анкетирования удовлетворенности студентов и тьюторов; наблюдения кураторов за психологическим климатом в группе; снижение количества жалоб и конфликтных ситуаций.

Вывод

Проблема академической неуспеваемости на младших курсах техникума является комплексной и не может быть решена исключительно административными мерами. Предложенная программа, интегрирующая институт студенческого тьюторства и системное психолого-педагогическое сопровождение, представляет собой современный и ресурсно-эффективный подход к ее решению.

Данная модель не только способствует преодолению конкретных академических трудностей, но и оказывает глубокое развивающее воздействие на личность студента, формируя у него навыки самоорганизации, стрессоустойчивости и ответственности, столь необходимые в будущей профессии железнодорожника. Внедрение такой программы будет способствовать не только снижению отчисления, но и повышению общего качества подготовки специалистов, укрепляя кадровый потенциал железнодорожной отрасли России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Андреев, А. В. Психолого-педагогическое сопровождение образовательного процесса в среднем профессиональном образовании / А. В. Андреев, Е. И. Балашова // Психология и педагогика: методы и проблемы практического применения. 2020. № 4. С. 15–21.
- 2 Выготский, Л. С. Педагогическая психология / Л. С. Выготский ; под ред. В. В. Давыдова. М. : Педагогика-Пресс, 1999. 536- 541с.
- 3 Панфилова, А. П. Инновационные педагогические технологии: Активное обучение : учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Панфилова. М. : Академия, 2013. 192 с.
- 4 Сластенин, В. А. Педагогика : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. А. Сластенин, И. Ф. Исаев, Е. Н. Шиянов ; под ред. В. А. Сластенина. М. : Академия, 2012. 576 с.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 6

Системный анализ, моделирование и управление на транспорте

Аксёнова Е. Д., Шматков Р. Н. Предиктивная аналитика на основе машинного обучения для снижения эксплуатационных затрат в условиях импортозамещения	3-5
Бакалдин И. Ю., Пещеров А. Ю., Сандлер И. Л., Баканова И. Г. Разработка программного обеспечения для демонстрации работы алгоритма шифра Цезаря с поддержкой кириллицы и латиницы на языке JAVA	5-7
Габдуалиев А. Н., Липатова М. Н. Веб-прототип генератора криптографических ключей и электронной подписи	8-12
Гашкова Л. В., Тидвэ Е. Н. Оценка вызовов и обеспечение безопасности данных единого цифрового пространства стран БРИКС	12-14
Дилигенская А. Н., Коптев Г. С., Никифорова А. А. Аналитическая аппроксимация в задачах анализа химически активных веществ	14-16
Засов В. А., Глазков Н. А., Журжа Н. А. Адаптивные вычислительные устройства для подавления коррелированных и импульсных помех в каналах связи	16-21
Засов В. А., Кашлаков Д. А. Моделирование и исследование алгоритмов обнаружения малозаметных изменений в медиаданных	21-24
Засов В. А., Чапланов И. С. Настройка и корректировка агентов в алгоритме оптимизации роум светлячков	25-27
Зорин Д. В., Липатова М. Н. Исследование скорости работы JIT компиляции.....	28-30
Квасков Р. Е., Кокин А. Р., Припутников А. П. Веб-симулятор для моделирования планировщика операционной системы на основе алгоритма многоуровневой очереди с обратной связью	31-34
Кокин А. Р., Седашкина О. А., Сандлер И. Л., Квасков Р. Е., Седашкин А. А. Разработка программного обеспечения для диагностики заболеваний почек у детей на языке Python.....	35-38
Липатова М. Н., Наурзалиева В. М. Методы повышения эффективности разработки и сопровождения конфигураций 1С: Предприятие.....	38-41
Майер В. А., Майер С. С. Применение методов машинного обучения для прогнозирования свойств строительных материалов	41-43
Мащинец В. А., Ефимова Т. Б. Цифровые технологии жилищно-коммунального хозяйства региона.....	44-45
Мед А. А., Хасаншин И. А. Установка и использование отечественного дистрибутива JAVA: на примере AXIOM JDK	46-47
Митрофанова И. В., Зулаев А. П. Оценка перспектив внедрения 5G на железнодорожном транспорте в России.....	48-50
Несенюк Т. А., Ильдеров А. Д. Исследование возможности сотрудничества с производителями из Китая в разработке системы RFID-контроля изоляторов воздушной линии.....	51-55
Неумоин В. А. Цифровая трансформация в центральной дирекции инфраструктуры – результаты и направления развития	55-58
Папировский П. Р., Фатеев В. А., Куликов Ф. А. Технологии расширения человеческих возможностей за счет применения экзоскелетов в путевом хозяйстве ОАО «РЖД».....	58-62
Петров З. Д., Батырина К. Р., Казанская Л. Ф. Использование цифровых технологий	

при строительстве объектов инфраструктуры.....	63-65
Пещеров А. Ю., Бакалдин И. Ю., Сандлер И. Л., Баканова И. Г. Программное обеспечение демонстрации работы алгоритма шифра квадрат Полибия на языке JAVA.....	65-68
Подчишинский С. В. Перспективы адаптации и развития специализированного программного обеспечения на железной дороге	68-71
Семигулин Е. А., Сутормина Э. С. Информационные технологии на логистических складах.....	71-75
Серова А. В., Никонова Я. И. Комплексный подход к оптимизации бизнес-процессов в условиях импортозамещения по в ОАО «РЖД»	76-80
Степаненко Я. Д., Огородник Е. В., Казанская Л. Ф. Цифровые технологии в обеспечении системы менеджмента качества	81-84
Субботин А. Е., Сысюк Д. Р., Климашин И. Р., Логин Э. В. Разработка программы электронной документации электромехаников регионального центра связи.....	84-88
Уланов А. А., Куницына А. А., Дорошкевич Э. А. Анализ решения по разработке веб-сайта для генерации интерьер дизайна помещений с помощью искусственного интеллекта	89-91
Уланов А. А., Мордовец Е. А. Моделирование бизнес-процессов как этап разработки мобильного приложения для транспортного вуза	91-95
Федоров М. Н., Эздеков Д. А., Припутников А. П. Программная реализация настраиваемого генератора булевых функций	95-99
Харитонов И. О., Баулин М. И. Применение 3D-печати в железнодорожной промышленности.....	99-103
Шаталов Д. А., Иванов Д. В. Определение оптимального сдвига измерений поперечного уровня железнодорожного пути по данным мониторинга методом кросс-корреляции.....	103-105
Штанке В. В. Внедрение цифровых технологий в системы железнодорожной автоматики для управления технологическими процессами	106-108
Шуркалин И. М., Ефимова Т. Б. Разработка web-интерфейса для автоматизации подготовки паспортов на разработку цифровых сервисов	109-110
Эздеков Д. А., Федоров М. Н., Иванаев П. А., Припутников А. П. Программная реализация вычисления булевых функций по заданной таблице истинности	110-114
Яхимович В. А., Ефимова Т. Б. Создание защищенной системы обмена данными B2B между ИС ОАО «РЖД»	114-116

Секция 7

Охрана труда и экологическая безопасность на транспорте

Абдазимов Ш. Х., Абдувахитов Ш. Р. Исследование запылённости воздушной среды железнодорожного тоннеля Камчик при движении поездов	117-120
Афанасьева Т. А. Общие сведения об источниках шума железнодорожного подвижного состава.....	120-122
Галочкина И. С., Васильева Д. И. Автозаправочная станция как объект экологического мониторинга.....	123-124
Грекова Д. В., Холопов Ю. А. Утка кряква как биоиндикатор климатических изменений	125-127
Дромина А. М., Васильева Д. И. Способы оптимизации применения песков в дорожном строительстве.....	127-129
Измайлова Д. Р., Холопов Ю. А. Повторное использование автомобильных покрышек и пластика.....	129-131

Канонин Ю. Н., Тихомиров О. И. Некоторые пути снижения количества жертв на железных дорогах среди граждан	131-133
Канонин Ю. Н., Тихомиров О. И. Тенденции непроизводственного травматизма	134-137
Родионова А. Е., Холопов Ю. А. Экоадаптивные строительные технологии для освоения территорий со сложными грунтами и высокой природной опасностью	137-140
Трегубова Е. С., Холопов Ю. А. Проблемы утилизации оборудования возобновляемой энергетики в контексте устойчивого развития городов	140-143
Хайретдинова М. Д. Экологическая безопасность на железнодорожном транспорте: задачи и решения ОАО «РЖД»	144-146
Чернова Н. В., Перетокин С. Н. Охрана труда и экологическая безопасность на транспорте ..	147-150

Секция 8 Железнодорожный путь, мосты и транспортные тоннели

Алфимова А. А., Чухнова В. Ю., Казанская Л. Ф. Использование осадка сточных вод в производстве строительных материалов	151-154
Атапин В. В., Синдюков Е. Р. Анализ разработки системы контроля ввода рельсовых плетей в оптимальную температуру закрепления	154-157
Белко А. С., Амиров Н. Э. Сравнительный анализ балластного и безбалластного пути и области эффективного их применения.....	157-160
Белко А. С., Кадыров Т. Р. Перспектива применения лежневой конструкции пути	160-163
Бокиев Б. Б. Проблемы и решения при создании высокоскоростных железнодорожных магистралей в Российской Федерации.....	164-166
Бокиев Б. Б. Оценка и усиление фундаментов существующих железнодорожных мостов в Великобритании.....	166-168
Большакова Е. А., Пятаев М. В. Анализ проекта Северо-Сибирской железнодорожной магистрали.....	168-170
Бостриков М. В., Кадыров Т. Р. История развития и эволюция геодезических приборов в России с Петровских времен до наших дней	170-172
Гнездилов С. А. Зависимость трещиностойкости железобетонных шпал от повышения осевых нагрузок.....	172-175
Грекова Д. В., Кабанов П. А. Особенности моделирования грунтового основания с использованием модели Винклера.....	176-177
Грекова Д. В., Трегубова Е. С., Нечушкин А. С. Исследование боковых и рамных сил при движении грузового вагона по неисправностям железнодорожного пути в плане	178-180
Дорофеев Я. В. Совершенствование содержания устройств заградительных переездных.....	180-182
Дорофеев Я. В. Совершенствование технологии окончательного восстановления рельсовой плети.....	182-184
Жвавая А. А., Амиров Н. Э. Приоритет создания подводного тоннеля между Россией и Северной Америкой	185-187
Жвавая А. А., Баранов А. С. Инженерно-геологическое и технико-экономическое обоснование перспектив создания тоннельного перехода в Маркотхском хребте	187-190
Жук Т. А., Черногривец И., Русанова Е. В. Инновационные гидроизоляционные материалы.....	190-192
Измайлова Д. Р., Кабанов П. А. Эффективность применения геосинтетических материалов для усиления земляного полотна на участках вечной мерзлоты	192-194

Козин Е. В. Применение беспилотных воздушных судов в строительстве высокоскоростных железных дорог.....	194-196
Лункина У. Р., Пятаев М. В. Проект железнодорожной линии «Курагино-Кызыл-Урумчи» ...	196-199
Лысенко А. А., Нагибина М. Н., Болдин С. В. Перспективы развития интеллектуального железнодорожного транспорта	200-201
Михадаров Д. Н., Сорочкин Р. Д., Болдин С. В. Современные методы укрепления земляного полотна в пустынных условиях.....	201-203
Нечушкин А. С., Пестов К. М. Анализ влияния уширения рельсовой колеи и радиуса кривого участка пути на величину боковых сил.....	203-205
Осипова А. А., Пятаев М. В. Транспортный переход на остров Сахалин.....	206-207
Полагутин Ю. А., Кадыров Т. Р. Устройство для контроля напряженности в рельсовых плетях.....	208-210
Полянский М. А., Амиров Н. Э. Особенности строительства железной дороги в разных странах.....	210-213
Родионова А. Е., Новикова В. Н. Особенности устойчивости откосов выемок и насыпей железнодорожного полотна с учетом фильтрационных и динамических сил	214-215
Рыжков П. В. Исследование свойств жаростойких бетонов.....	216-219
Рыжков П. В. Исследование свойств жаростойких штучных огнеупоров	219-222
Соколова С. В. Вторичное использование отходов промышленных производств для синтеза бетонов специального назначения	222-225
Соколова С. В. Структурная модификация бетонов специального назначения с целью повышения их долговечности.....	225-229
Трегубова Е. С., Кабанов П. А. Влияние осевых нагрузок и интенсивности движения на скорость накопления остаточных деформаций в железнодорожном пути	229-231
Хрисанов Д. М., Баранов А. С. Обеспечение безопасности на высоких платформах	231-233

Секция 9

Социальное развитие, совершенствование системы

подготовки кадров, проблемы образования и воспитания

Аксютин Е. П. Организация обучения с применением цифровых образовательных ресурсов.....	234-237
Артемьева Е. П. Методика проведения семинарских занятий по химии у студентов инженерных специальностей.....	237-239
Башаркин М. В., Шестакова Е. Ю., Башаркина Ю. В. Формирование метапредметных образовательных результатов посредством решения задач с историческим содержанием на уроках физики в контексте железнодорожного транспорта.....	239-242
Васельцова И. А., Кукавский В. Е. Профессиональная мобильность как универсальная компетентность специалистов инженерного профиля.....	243-244
Воробьева О. Б. Учебный курс «Основы российской государственности»: методические замечания. Работа с географической картой	244-245
Емелина В. М. Проблемы образования и воспитания нового поколения: диагностика современного кризиса	246-247
Игошкин А. Н., Боков С. А., Плетнев А. С. Саморазвитие в структуре универсальных компетенций обучающихся (сущность и основные характеристики)	247-248

Козлова Н. С., Дубровина Ю. А., Ведяшкин В. В. Проблемы адаптации студентов образовательных учреждений транспорта на практике и производстве	249-251
Коост Н. К., Крючкова Т. В. Совершенствование процесса учета посещаемости и успеваемости студентов	251-253
Малышева О. В., Папировская Е. Р. Инвалидность в России: история, статистика, меры государственной поддержки	253-256
Митрофанова И. В., Бурматов А. А., Якушев И. А. Использование технологий GPS и GSM при подготовке специалистов для “Умных” переездов на зарубежных железных дорогах	256-258
Митрофанова И. В., Зулаев А. П. Оценка перспектив внедрения 5G на железнодорожном транспорте в России	259-261
Митрофанова И. В., Сохина К. В., Угольников М. А., Ключев А. А. Совершенствование подготовки кадров для контроля аппаратуры автоматики и телемеханики	262-264
Окунева Т. В., Шестопалова О. Н. Особенности процесса профессиональной социализации студентов транспортного вуза	265-268
Русинова Е. А., Авксентьева Е. И. Развитие интереса к физике через участие студентов в научной деятельности	268-270
Сергеева Т. Г., Волкова В. Ю. Трансформация модели обучения в эпоху искусственного интеллекта	271-272
Тимашкова К. С., Сизенкова О. В. Проблема академической неуспеваемости в железнодорожном техникуме и пути её решения	273-275

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТУ

Материалы XVIII Международной научно-практической конференции
6–7 ноября 2025 г.

Самара

Том 2

Формат 60×90 1/8. Усл. печ. л. 35.