

**Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта**

**Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования**

"ПРИВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ"

МОЛОДЕЖНЫЙ ФОРУМ

ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ

**Сборник 52-й научной конференции
обучающихся ПривГУПС**

Выпуск 26

Том 1

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

САМАРА

2025

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПРИВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ

Сборник материалов 52-й научной конференции

обучающихся ПривГУПС

Выпуск 26

Т. 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Самара
2025

С 23 **Дни студенческой науки** [Текст]: сб. материалов 52-й научной конференции обучающихся ПривГУПС в двух томах / Приволжский гос. ун-т путей сообщ. Выпуск 26. Т. 1. Технические науки. Самара : ПривГУПС, 2025. 200 с.

Тематика сборника отражает все виды деятельности железнодорожной отрасли, включая вопросы организации и управления процессами перевозок, совершенствования подвижного состава железных дорог и муниципального пассажирского транспорта, железнодорожного пути, строительства и транспортной техники, автоматизации, информатизации, телекоммуникации и энергосбережения, экологии и охраны труда, экономики, логистики и финансов, а также проблемы гуманитарных и естественных наук.

Члены редакционной коллегии, жюри секций 52-й научной конференции обучающихся ПривГУПС:

д. т. н., профессор Е. М. Тарасов
д. т. н., доцент О. В. Москвичев
к. т. н., доцент Н. Н. Мазько
к. т. н., доцент А. В. Варламов
к. т. н., доцент С. В. Коркина
к. т. н., доцент А. В. Муратов
к. т. н., доцент В. В. Атапин
к. т. н., доцент Е. В. Добрынин
к. т. н., доцент Т. В. Харитонова
к. э. н., доцент Т. Б. Ефимова
к. с. х. н., доцент Ю. А. Холопов

СЕКЦИЯ 1

Организация и управление процессами перевозок и грузовой работой. Проблемы безопасности на железнодорожном транспорте

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ГРУЗОВОЙ СТАНЦИИ

Е. А. Андреева¹, С. Ю. Иванчин²

Введение. В статье рассматриваются методы совершенствования работы грузовой железнодорожной станции П. Проводится анализ показателей работы станции, который позволяет обнаружить узкие места, связанные с простоями местных вагонов. А также предлагается комплекс мероприятий, направленных на сокращение общего простоя местного вагона в том числе и в ожидание подачи под погрузку и выгрузку. Ключевые предложения включают в себя удлинение погрузочно-выгрузочного пути и введение маневрового локомотива в круглосуточный режим работы. Предлагаемые решения позволяют сократить простой местного вагона на путях общего пользования и повысить перерабатывающую способность станции.

Основная часть. Для совершенствования работы грузовых станций проводятся следующие мероприятия:

- реконструктивные (удлинение путей, строительство съездов, укладка вытяжек.) [1].
- внедрение новых систем (установка УТС, АСКОПВ, ввод в работу новых видов локомотивов и т.д.)
- минимизация процессов (параллельность операций, вывод из работы маневрового локомотива, сокращение времени на выполнение операций и т.д.)
- рациональное планирование (подвязка локомотивных бригад, ведение графика исполненной работы, проведение всех видов анализов работы станции и т.д.)
- максимальное использование технических средств (очередность занятия путей поездами, исключение простоя локомотивов и простоя ожидания операций и т.д.).

За реальный объект, которому необходимо произвести повышение эффективности функционирования работы, была выбрана грузовая железнодорожная станция 2-го класса П с параллельным расположением парков.

На рисунке 1 представлена немасштабная схема нечётной горловины станции П.

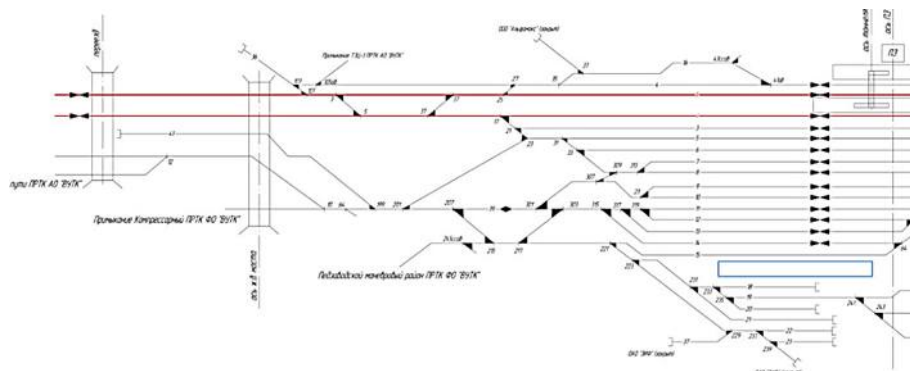


Рис. 1. Немасштабная схема нечётной горловины станции П

¹ Андреева Евгения Александровна – студент группы ЭЖД-35у, ИУЭ

² Иванчин Сергей Юрьевич – к.т.н., доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой»

Путевое развитие станции включает в себя:

- приемо-отправочный парк (ПОП), который состоит из 8 путей (I, II, 3, 4, 5, 6, 7, 8).
- сортировочный парк (СП), который состоит из 6 путей (9, 10, 11, 12, 13, 14).

Все пути сортировочного парка имеют скользящую специализацию и используются для подборки и сортировки вагонов по фронтам погрузки – выгрузки [2], для подборки вагонов на пути необщего пользования, а также пути 9, 10 – для отправления нечетных грузовых поездов, пути 11, 12, 13, 14 – для отправления нечетных и приема четных грузовых поездов.

Стоит отметить, что 15 и 18 пути являются погрузочно-выгрузочными, а 41 путь – вытязным.

На станции П выполняются следующие виды работ:

- безостановочный пропуск грузовых поездов;
- прием и отправление грузовых поездов.
- формирование/расформирование передаточных поездов;
- технический и коммерческий осмотр поездов и вагонов;
- работа с местными вагонами, прибывающими под выгрузку, погрузку;
- обслуживание маневровыми локомотивами мест выполнения операций с местными вагонами на путях общего и необщего пользования, на прикрепленных станциях прилегающих участков;
- устранение обнаруженных технических и коммерческих неисправностей;
- взвешивание вагонов;
- на путях контейнерного пункта производится сортировка, погрузка и выгрузка среднетоннажных контейнеров;
- выгрузка, погрузка вагонов;
- оформление перевозочных документов;
- таможенные операции с грузами и транспортными средствами в пути следования, а также на станции отправления и станции назначения в целях соблюдения таможенного законодательства [3].

Клиентами станции П являются:

- обслуживаемыми на грузовом дворе: ООО «ТК СПЕЦКАРГО», ООО «ДАВ», АО «Радиозавод», ООО «БИЭЛ», ООО «ИМПУЛЬС» и др.
- обслуживаемыми путями необщего пользования: ООО «Ломпром Саратов», ООО ТД «Пензвтормет», ООО «РБУ 58», ООО «ТЭК Логистик», ООО «ПВХ», ООО «СТРОЙТОРГ-СЕРВИС» и др.

Анализ работы станции П показал, что общий простой местных вагонов в сутки составляет 147,28 ч. Простой вагона в ожидание от прибытия до подачи под грузовую операцию составляет 15,91 ч. Исходя из высоких простоев вагонов в ожидании подачи предлагается мероприятие по удлинению восемнадцатого погрузочно-выгрузочного пути (рисунок 3), это позволит сократить простой вагона в ожидание подачи под грузовую операцию и увеличить число подаваемых вагонов (увеличить перерабатывающую способность станции). В междупутье восемнадцатого и пятнадцатого пути расположена платформа для погрузки/выгрузки тарно-штучных грузов. Восемнадцатый путь вмещает в себя 16 условных вагонов, а в пределах платформы возможно размещение 25 условных вагонов.

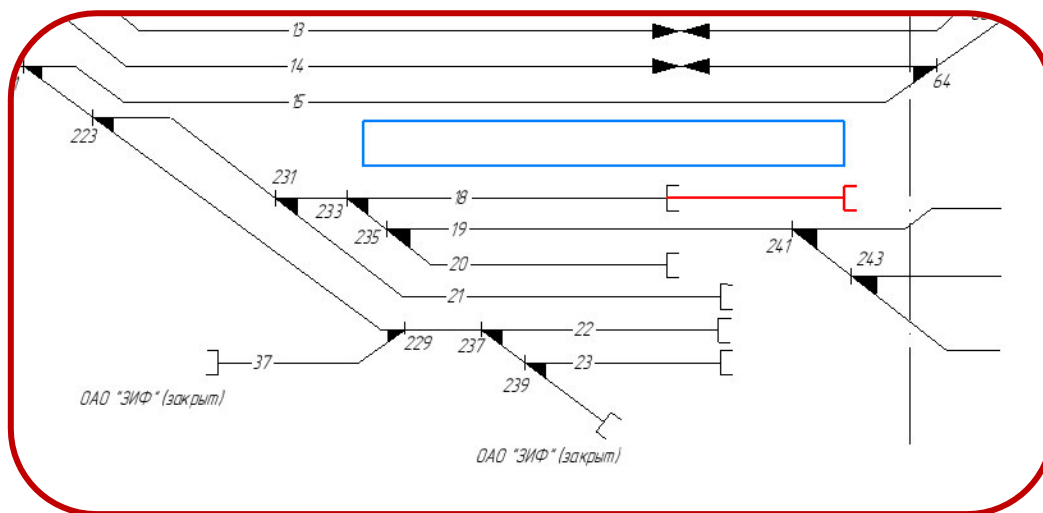


Рис. 2. Удлинение погрузочно-выгрузочного пути

Восемнадцатый путь целесообразно увеличить на 9 условных вагонов, так как в пределах платформы возможно размещение только 25 условных вагонов. За сутки на восемнадцатый путь осуществляется 2 подачи, следовательно, за сутки число подаваемых вагонов вырастет до 18 условных вагонов. Расчёт экономического эффекта от увеличения длины погрузочно-выгрузочного пути №18 показал [4], что:

- капитальные вложения на строительство удлинения пути составили 2 325 730 руб.;
- эксплуатационные расходы на содержание пути – 243 750 руб.;
- общая экономия эксплуатационных расходов – 1 791 084 руб.;
- срок окупаемости – 1.5 года.

Также одним из предлагаемых мероприятий по совершенствованию работы грузовой станции П является введение маневрового локомотива в круглосуточный режим работы. Это позволяет сократить простой местного вагона в два раза.

Был произведён расчёт экономической целесообразности организации работы маневрового локомотива в круглосуточном режиме. В результате:

- затраты на содержание маневрового локомотива составили 9 563 905 руб.;
- экономия от сокращения простоя вагонов на путях общего пользования составила 2 463 750 руб.

На основании данного расчёта сделан вывод, что введение маневрового локомотива в круглосуточный режим работы является экономически нецелесообразно, так как затраты значительно превышают экономию.

Заключение. Для совершенствования работы грузовой железнодорожной станции П были выдвинуты предложения по удлинению погрузочно-выгрузочного пути №18 и введение маневрового локомотива в круглосуточный режим работы. По итогам расчётов экономического эффекта от предлагаемых мероприятий наиболее целесообразным и рациональным решением является удлинение погрузочно-выгрузочного пути №18. Это позволит сократить простой местного вагона в ожидании от прибытия до подачи под грузовую операцию и увеличить перерабатывающую способность станции П.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Железнодорожные станции и узлы / В. М. Акулиничев [и др.]: учебник. М.: Транспорт, 1992.
- 2 Кудрявцев В. А., Угрюмов А. К., Романов А. П. «Технология эксплуатационной работы на железных дорогах». Учебник для технических школ железнодорожного транспорта. М.: Транспорт, 1994. 250 с.
- 3 Кочнев Ф. П., Сотников И. Б. «Управление эксплуатационной работой железных дорог. М.: Транспорт, 1990. 450 с.
- 4 Типовые нормы времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 1987.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТУРА

Д. В. Водолазова¹, О. А. Бондаренко²

Введение. Одной из ключевых проблем, сдерживающих развитие туристической отрасли, является не в полной мере раскрытый туристический потенциал регионов. Это обусловлено рядом факторов, среди которых выделяются дефицит качественной и актуальной информации о туристических возможностях и, как следствие, ограниченный доступ к ней для потенциальных туристов. Существенным фактором выступает также ограниченная конкурентоспособность туристических предложений, предоставляемых отдельными регионами. Это обстоятельство обуславливает необходимость в разработке и реализации новаторских стратегий, касающихся их создания и популяризации на рынке.

Для эффективного решения обозначенных трудностей требуется многосторонний подход, охватывающий создание и внедрение региональных планов по развитию туристической отрасли. Эти планы должны быть ориентированы на модернизацию инфраструктуры, повышение уровня сервиса, профессиональную подготовку специалистов и результативное продвижение туристического потенциала. Ключевым аспектом является учет уникальных характеристик каждого региона, его отличительных черт и сильных сторон в конкурентной борьбе. Это необходимо для формирования привлекательного и конкурентоспособного туристического продукта, способного удовлетворить запросы различных категорий туристов.

Основная часть. В рамках своего выступления на Петербургском международном экономическом форуме президент Российской Федерации, Владимир Путин, выделил развитие внутреннего туризма в качестве приоритетного элемента перспективной государственной стратегии. Указанная инициатива позиционируется как значимый инструмент для активизации экономического прогресса в субъектах федерации, увеличения уровня трудоустройства граждан и защиты историко-культурного достояния.

Данный подход предполагает создание новых рабочих мест в сфере обслуживания, развитие инфраструктуры регионов и повышение привлекательности культурных и природных объектов для российских граждан. Помимо экономического эффекта, развитие внутреннего туризма способствует укреплению национальной идентичности и расширению знаний о многообразии культуры и природы России.

Государственная поддержка будет направлена на создание благоприятных условий для инвесторов в туристический сектор, развитие транспортной доступности регионов и продвижение туристических продуктов на внутреннем рынке. Также планируется разработка и внедрение современных стандартов качества обслуживания в туристической отрасли, чтобы обеспечить комфортное и безопасное пребывание туристов в регионах страны.

Президент подчеркнул, что ключевым условием успешной реализации в жизнь данной стратегии является формирование развитой туристической инфраструктуры, которая должна включать в себя гостиницы с высоким уровнем комфорта, удобную транспортную сеть и безупречный сервис.

Россия располагает огромным потенциалом для развития внутреннего туризма. Уникальные историко-культурные ценности и природные достопримечательности позволяют развивать множество видов туризма: познавательный или экскурсионный, научный, фестивальный, круизный и т.д. [1].

Основываясь на данных, представленных Министерством экономического развития Российской Федерации, в первой половине 2024 года наблюдался рост числа граждан России, выбравших путешествия по территории своей страны. Анализ данных демонстрирует отчетливую тенденцию к повышению востребованности внутреннего туризма в течение последних десяти лет.

Спрос на внутренний и внешний туризм представлен на рисунке.

¹ Водолазова Дарья Владимировна – студент группы ЭЖД-02, институт «ИУЭ»

² Бондаренко Оксана Александровна – к.т.н., доцент кафедры «УЭР»

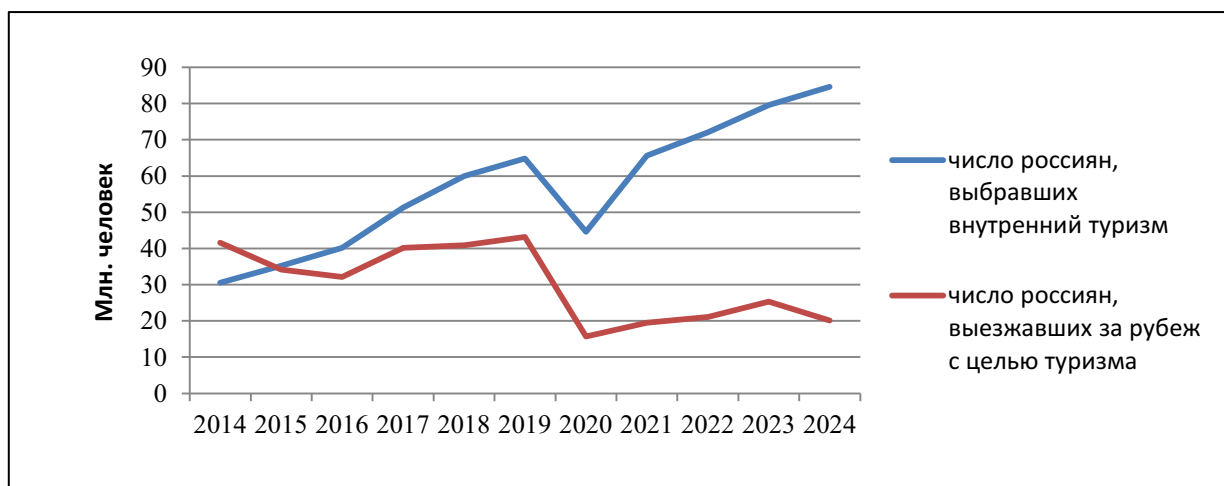


Рис. Спрос на внутренний и внешний туризм

В связи с этим, актуальной задачей является разработка и внедрение инновационных туристических железнодорожных маршрутов. Путешествия по железной дороге обеспечивают высокий уровень комфорта и безопасности во время передвижения по стране, а также независимость от погодных условий в различных регионах.

Устойчивое развитие туризма способствует созданию новых рабочих мест, улучшению социального климата, росту доходов населения [2].

Организация железнодорожных путешествий открывает перед туристами уникальные перспективы для посещения труднодоступных территорий и углубленного изучения культурного и исторического наследия разнообразных регионов. Данный формат туризма позволяет преодолевать значительные расстояния, обеспечивая доступ к местам, удаленным от традиционных туристических маршрутов. Благодаря железнодорожным турам путешественники получают возможность не только насладиться живописными пейзажами, но и погрузиться в аутентичную атмосферу различных областей, изучая их традиции, обычаи и исторические памятники. Такой подход к организации путешествий способствует расширению кругозора и формированию более глубокого понимания культурного многообразия страны.

Предлагается создание и реализация железнодорожного тура «Волжские горизонты». Тур будет включать в себя следующий маршрут следования: г. Саратов – г. Сызрань – г. Тольятти – г. Самара – г. Саратов.

Ниже приведена программа железнодорожного тура «Волжские горизонты».

1 день. Прибытие на вокзал Сызрань–1.

В Сызрани туристы увидят сохранившуюся кипенно-белую Спасскую башню Сызранского Кремля, набережную города Сызрань, Казанский кафедральный собор, Сызранский краеведческий музей, Вознесенский монастырь, Сызранскую ГЭС. Вечером у туристов будет свободное время на самостоятельное изучение города или на прогулку по Советской улице, которая известна своими уникальными домами, их архитектурой и историей.

Ночью туристы отправятся на поезде из Сызрани в Тольятти

2 день. Прибытие в Тольятти.

В Тольятти туристы посетят Технический музей имени К.Г. Сахарова, Музей ОАО «АвтоВАЗ», Тольяттинский краеведческий музей, Городской музейный комплекс «Наследие». Вечером туристам будет выделено свободное время, в которое они смогут посетить прибрежный парк города Тольятти.

Ночью туристы отправятся на поезде из Тольятти в Самару.

3 день. Прибытие в Самару.

Во время тура по Самаре туристы посетят такие достопримечательности как Самарская набережная, Ленинградская улица, Музейно-выставочный центр «Самара Космическая», Самарский областной художественный музей, площадь города Самара. Помимо этого тури-

сты посетят Государственную Третьяковскую галерею. Также туристам предоставляется свободное время для самостоятельного ознакомления с городом.

Ночью туристы отправляются из Самары в Саратов.

Планируется запустить новый «круизный» поезд, который будет состоять из 11 вагонов. Для создания нового поезда разработана композиция составов. В «круизном» поезде будут использованы пассажирские вагоны следующих классов: вагоны класса «Люкс», купейные вагоны, вагоны класса СВ, вагон-ресторан.

Также в составе поезда предусмотрены специализированный вагон с купе для маломобильных пассажиров и вагон-душ.

Композиция составов представлена в таблице.

Таблица

Композиция состава круизного поезда

№ вагона	–	1/7	2/6	3/5	–	–	4/4	5/3	6/2	7/1
Род вагона	Б	К	СВ	СВ	Д	ВР	СВ	К	К	КС

Условные обозначения:

СВ – Вагоны класса «СВ»

К 2– 2-х местное купе

К С – Специализированное купе для МГН

Б – Багажный вагон

Д – Вагон–Душ

ВР – Вагон–Ресторан

Заключение. Путешествия по железной дороге представляют собой перспективное направление развития внутреннего туризма и способствуют увеличению прибыльности пассажирских перевозок железнодорожным транспортом.

Активное участие в развитии туристской деятельности в регионах страны принимают органы местного самоуправления, которые, применяя как административные, так и экономические инструменты, поощряют развитие социального туризма, активный отдых населения, расширение использования местных достопримечательностей, содействуют восстановлению и сбережению культурного наследия [3].

Туризм, как особый вид сферы услуг, обладает множеством специфических особенностей. Туризм выполняет одновременно экономические, социальные, политические, культурные функции [4]

Последующее расширение железнодорожного туризма не представляется возможным без активного участия заинтересованных субъектов федерации.

Разработка и реализация железнодорожного тура «Волжские горизонты», ориентированного на разнообразные группы потребителей, будет способствовать привлечению инвестиций в Самарский регион, увеличению туристического потока и развитию соответствующей инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Анализ туристической сферы региона / Ю. В. Орел, С. С. Вайцеховская, Н. Н. Тельнова [и др.]. Ставрополь : АГРУС, 2022. 80 с.
- 2 Танина А. В. Инфраструктура туризма : учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2025. 152 с.
- 3 Андросова Г. А., Енченко И. В. Организация туристской индустрии: экономика туризма : учебное пособие для СПО. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2024. 84 с.
- 4 Савкин И. Ю. Основы туризма и гостеприимства : учебное пособие. Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2023. 85 с.

ЛОГИСТИКА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ В РОССИИ: ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ НА 2025–2026 ГОДЫ

Д. В. Зенкова¹, С. Н. Халаева²

Введение. Развитие высокоскоростных магистралей (ВСМ) в Российской Федерации представляет собой стратегически важное направление транспортной политики, направленное на повышение мобильности населения, сокращение времени в пути и интеграцию региональных экономик. Введение ВСМ не только способствует оптимизации пассажирских перевозок, но и создает дополнительные возможности для туристического сектора. Особенное значение такие магистрали приобретают в контексте экскурсионных поездок в исторически значимые города–герои, сыгравшие ключевую роль в Великой Отечественной войне (1941–1945). Кроме того, реализация подобных инфраструктурных проектов способствует развитию региональной экономики, стимулирует рост малого и среднего бизнеса и создаёт новые рабочие места.

Текущее состояние высокоскоростных магистралей в России

В современных условиях в России эксплуатируются и подготавливаются такие ВСМ:

- Москва – Казань (длина пути 790 км, допустимая скорость движения составляет 350 км/ч, время в пути – 3,5 часа).
- Москва – Нижний Новгород (длина пути 400 км, максимальная скорость 320 км/ч, продолжительность поездки 1,5 часа).
- Москва – Ростов-на-Дону (длина пути 1 100 км, скорость до 300 км/ч, время следования – 5 часов).
- Москва – Владивосток (длина пути 9 300 км, расчетная скорость 250 км/ч, ориентировочная продолжительность маршрута – 48 часов, в проекте).

Эти маршруты обеспечивают быстрый и комфортный доступ к значимым культурно–историческим объектам, особенно в городах–героях, таких как:

- Москва – центр отечественной истории и культуры, богатый памятниками и музеями.
- Смоленск – город, сыгравший важную роль в обороне страны, обладающий множеством мемориалов.
- Калуга – стратегически важный город военного времени, также известный своими космическими традициями.
- Волгоград (Сталинград) – место одной из самых значимых битв Великой Отечественной войны.
- Кострома – город, имеющий стратегическое значение в годы войны и богатую историческую наследственность.
- Санкт-Петербург (Ленинград) – центр российской истории и культуры, известный героической обороной во время блокады.

Развитие высокоскоростных магистралей в России является не только техническим, но и Социально-экономическим вызовом. С точки зрения транспортной логистики, ВСМ представляют собой уникальный инструмент для интеграции регионов, что особенно важно для такой протяжённой страны, как Россия. Согласно исследованиям Института транспортных исследований (2022), внедрение ВСМ позволяет сократить временные затраты на перевозки в 2–3 раза по сравнению с традиционными железнодорожными маршрутами. Это создаёт предпосылки для роста мобильности населения, что, в свою очередь, стимулирует экономическую активность в регионах.

Кроме того, ВСМ способствуют развитию туристической отрасли, особенно в городах с богатым историческим наследием. Например, маршрут Москва – Волгоград позволяет туристам за несколько часов добраться до ключевых памятников Великой Отечественной войны, что делает такие поездки доступными для широкого круга людей. Это подтверждается дан-

¹ Зенкова Диана Владимировна – студент группы ТТПб-21, Институт управления и экономики

² Халаева Светлана Николаевна – старший преподаватель кафедры «Управление эксплуатационной работой»

ными Ростуризма (2021), согласно которым туристический поток в города–герои увеличился на 15 % после запуска первых высокоскоростных поездов.

Таблица 1

Прогнозирование пассажиропотока на ВСМ (в 2025–2026 гг.)

Маршрут	Пассажиропоток (млн чел./год)	Увеличение в сравнении с 2023 г. (%)
Москва – Владивосток	1,5	10 %
Москва – Ростов–на–Дону	2,8	15 %
Москва – Нижний Новгород	3,2	20 %
Москва – Казань	5,5	25 %

На рисунке 1 ниже представлена схема маршрутов высокоскоростных магистралей России, включая уже действующие и планируемые направления.

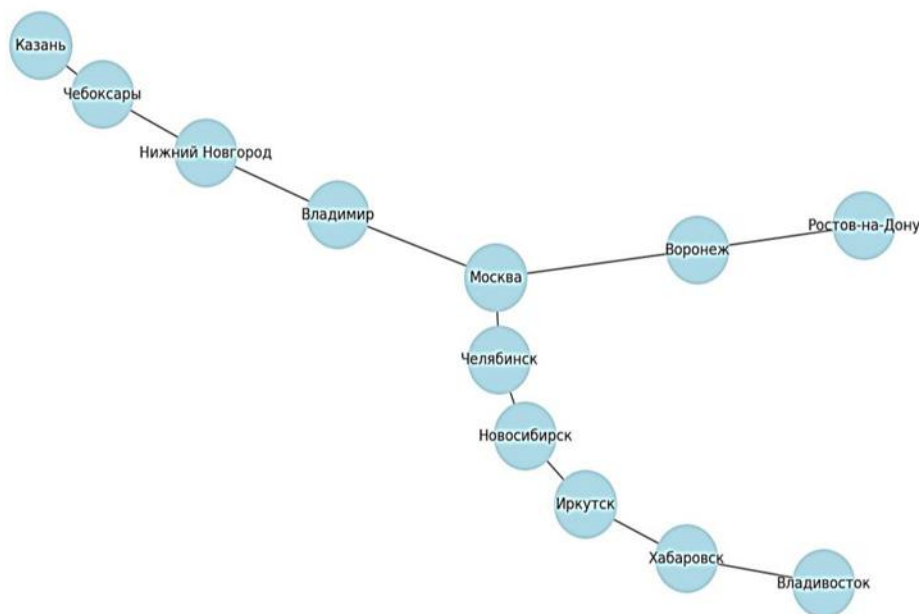


Рис. 1. Схема маршрутов высокоскоростных магистралей

Туристические маршруты на основе ВСМ

Развитие ВСМ позволяет формировать новые туристические направления, включающие посещение городов-героев и исторических памятников. Основные маршруты включают:

1. Московский маршрут:

- Начало: Москва.
- Конечная остановка: Волгоград.
- Основные точки: памятник «Родина–мать», Мамаев курган, музей Сталинградской битвы.

2. Смоленский маршрут:

- Начало: Москва.
- Конечная остановка: Смоленск.
- Основные точки: Смоленская крепость, мемориалы воинов.

3. Калужский маршрут:

- Начало: Москва.
- Конечная остановка: Калуга.
- Основные точки: музей космонавтики, памятники участникам войны.

4. Северный маршрут:

- Начало: Москва.
- Конечная остановка: Санкт-Петербург.
- Основные точки: Пискаревское кладбище, крепость Орешек.

Формирование туристических маршрутов на основе ВСМ требует комплексного подхода, включающего не только транспортную, но и культурно–историческую составляющую. Согласно исследованиям, проведённым в рамках государственной программы развития туризма (2020–2025), интеграция транспортной инфраструктуры с туристическими объектами позволяет увеличить посещаемость исторических мест на 20–30 %. Это особенно важно для городов-героев, где сохранение памяти о событиях Великой Отечественной войны является ключевым элементом национальной идентичности.

Кроме того, развитие туристических маршрутов на основе ВСМ способствует созданию новых рабочих мест в сфере услуг, включая гостиничный бизнес, рестораны и экскурсионные агентства. Это подтверждается данными Министерства экономического развития, согласно которым каждый новый туристический маршрут создаёт до 500 рабочих мест в регионе.

Таблица 2

Основные туристические маршруты на основе ВСМ.

Маршрут	Основные туристические объекты	Ожидаемый туристический поток (тыс. чел./год)
Москва – Волгоград	Мамаев курган, музей Сталинградской битвы	500
Москва – Смоленск	Смоленская крепость, мемориалы воинов	300
Москва – Калуга	Музей космонавтики, памятники участникам войны	200
Москва – Санкт-Петербург	Пискарёвское кладбище, крепость Орешек	1000

Эта таблица показывает прогноз пассажиропотока на основных маршрутах ВСМ на 2025–2026 годы, а также процентный рост по сравнению с 2023 годом.

Оптимизация логистики пассажирских перевозок

Оптимизация логистики пассажирских перевозок с использованием ВСМ требует интеграции с другими видами транспорта и усовершенствования инфраструктуры пересадочных узлов. Основные направления совершенствования включают:

- Оптимизация расписаний – согласование движения ВСМ с региональными и городскими маршрутами для минимизации времени ожидания.
- Развитие цифровых сервисов – создание мобильных приложений для планирования поездок, покупки билетов и интеграции с городским транспортом.
- Комплексные туристические пакеты – включение в маршруты не только транспортных услуг, но и экскурсионных программ, трансферов и гостиничного обслуживания.

Оптимизация логистики пассажирских перевозок с использованием ВСМ требует не только технических, но и организационных решений. Согласно исследованиям, проведённым Институтом транспортных систем (2022), ключевым фактором успеха является интеграция высокоскоростных магистралей с другими видами транспорта. Это позволяет создать единую транспортную сеть, обеспечивающую бесперебойное перемещение пассажиров от точки отправления до конечного пункта назначения.

Кроме того, внедрение цифровых технологий, таких как мобильные приложения для планирования поездок, позволяет значительно повысить удобство для пассажиров. Согласно опросам, проведённым среди пользователей высокоскоростных поездов, более 70 % пассажиров отмечают, что использование цифровых сервисов делает их поездки более комфортными и предсказуемыми.

На рисунке 2 представлена диаграмма, которая показывает распределение пассажиропотока по основным маршрутам ВСМ.

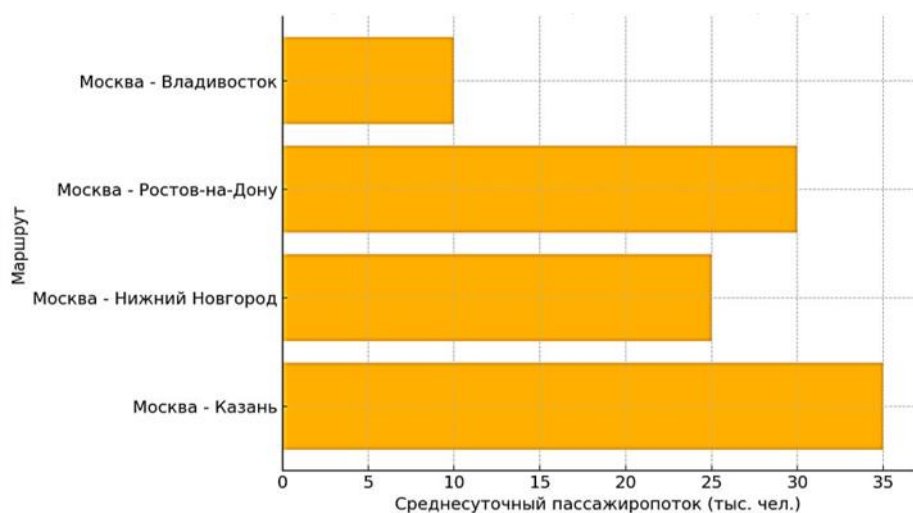


Рис. 2. Диаграмма. Распределение среднесуточного пассажиропотока по маршрутам ВСМ

Таблица 3

Основные характеристики высокоскоростных магистралей в России

Маршрут	Протяжённость (км)	Макс. скорость (км/ч)	Время в пути (ч)	Статус
Москва – Нижний Новгород	400	320	1.5	Эксплуатируется
Москва – Казань	790	350	3.5	Эксплуатируется
Москва – Владивосток	9300	250	48.0	В виде проекта
Москва – Ростов–на–Дону	1100	300	5.0	В виде проекта

Эта таблица показывает основные параметры высокоскоростных магистралей, включая протяжённость, максимальную скорость, время в пути и статус (действующий или проектируемый).

Таблица 4

Сравнение высокоскоростных магистралей с другими видами транспорта

Параметр	ВСМ	Авиация	Автомобильный транспорт
Время в пути (Москва – Казань)	3.5 часа	1.5 часа (без учёта регистрации)	10–12 часов
Стоимость билета (руб.)	2500–4000	3000–6000	1500–2000 (топливо)
Экологичность	Высокая	Средняя	Низкая
Комфорт	Высокий	Средний	Низкий

Эта таблица позволяет сравнить высокоскоростные магистрали с авиационными и автомобильными перевозками по ключевым параметрам: время в пути, стоимость, экологичность и комфорт.

Вызовы и возможности развития ВСМ

Несмотря на очевидные преимущества ВСМ, их развитие сопряжено с рядом вызовов:

1. Конкуренция с другими видами транспорта:
 - Высокоскоростные поезда конкурируют с авиационными и автомобильными перевозками. Для привлечения пассажиров необходимо:
 - Разработка гибкой тарифной политики.
 - Повышение комфортабельности поездов.
 - Развитие программ лояльности и скидок.
2. Необходимость модернизации инфраструктуры:
 - Строительство и эксплуатация ВСМ требуют:
 - Модернизации вокзалов и пересадочных узлов.
 - Развития интеграционных решений с городским и пригородным транспортом.
 - Внедрения современных стандартов обслуживания.
3. Экологические и технические моменты:
 - Создание технологий, обеспечивающих уменьшенную вибрацию и подавление шума.

- Достижение высокой степени безопасного перемещения.
- Снижение влияния на внешнюю среду и оптимальное задействование земель.

В России по мере развития ВСМ приходится решать экономические и технические проблемы. Одним из ключевых моментов выступает конкурентная борьба с воздушным транспортом. В соответствии с информацией, представленной Министерством транспорта, если поездка по ВСМ длится меньше 4 часов в заданном направлении, то высокоскоростные поезда способны составить конкуренцию авиации. Это достигается за счёт предложения более комфортных условий поездки и отсутствия необходимости проходить длительные процедуры регистрации и досмотра.

Также для совершенствования инфраструктуры необходимы существенные капиталовложения. Согласно оценкам, представленным в государственной программе развития транспортной системы (2020–2025), строительство одного километра высокоскоростной магистрали обходится в среднем в 10–15 миллионов долларов. Это делает необходимым привлечение частных инвестиций и использование механизмов государственно-частного партнёрства.

Таблица 5

Экономический эффект от развития ВСМ в регионах

Регион	Увеличение ВВП (%)	Формирование рабочих мест (тыс.)	Увеличение туристического потока (%)
Владивосток	0.8	8	15
Ростов-на-Дону	1.2	10	20
Нижний Новгород	1.5	12	25
Казань	1.8	15	30

Эта таблица демонстрирует ожидаемый экономический эффект от развития высокоскоростных магистралей в ключевых регионах, включая рост ВВП, создание рабочих мест и увеличение туристического потока.

Потенциал высокоскоростных магистралей

Несмотря на существующие трудности, ВСМ обладают значительным потенциалом:

1. Рост пассажиропотока:

- Сокращение времени в пути позволит увеличить пассажиропоток на ключевых маршрутах.

- Высокая частота движения поездов повысит доступность перевозок.

2. Инновационные бизнес-модели:

- Развитие комбинированных маршрутов с интеграцией разных видов транспорта.
- Внедрение гибких тарифов и системы скидок.
- Использование платформенных решений для бронирования и оплаты.

3. Развитие цифровых технологий:

- Использование аналитических систем для прогнозирования пассажиропотока.
- Разработка мобильных сервисов для удобного планирования поездок.
- Интеграция с государственными информационными системами транспорта.

4. Социально-экономический результат:

- Формирование дополнительных рабочих мест в области транспорта и в смежных сферах.

- Обеспечение улучшенных дорожных путей между регионами, повышение активности населения.

- Улучшение качества жизни людей из-за предоставления им комфортных дорог.

Потенциал высокоскоростных магистралей в России огромен, особенно с учётом их способности интегрировать удалённые регионы страны. Согласно исследованиям, проведённым Институтом экономики и транспорта (2022), развитие ВСМ может привести к увеличению ВВП регионов, через которые проходят магистрали, на 1,5–2 % в год. Это связано с ро-

стом туристического потока, увеличением мобильности населения и привлечением инвестиций в инфраструктуру.

Кроме того, высокоскоростные магистрали способствуют развитию цифровых технологий в транспортной отрасли. Введение программ искусственного интеллекта, позволяющих управлять перемещением транспорта и прогнозировать количество пассажиров, поможет лучше пользоваться имеющимися ресурсами и сократить расходы на эксплуатацию путей.

Таблица 6

Сопоставление стоимости прокладывания ВСМ в России и за границей

Страна	Стоимость строительства (млн долл./км)	Протяжённость ВСМ (км)
Япония	30–35	2,764 (вся сеть)
Германия	25–30	1,571 (вся сеть)
Китай	20–25	37,900 (вся сеть)
Россия	10–15	790 (Москва – Казань)

Эта таблица позволяет сравнить стоимость строительства высокоскоростных магистралей в России с другими странами, что подчеркивает конкурентоспособность российских проектов.

Заключение. За счёт развития ВСМ можно обеспечить экономический рост в стране, улучшить качество жизни граждан и объединить территории. Это одно из ключевых условий для дальнейшего развития России. Внедрение современных технологий и комплексный подход к логистике обеспечат успешную реализацию проектов, способствующих устойчивому развитию транспортной системы страны. Синергия государства, бизнеса и общества позволит максимально эффективно использовать потенциал ВСМ для повышения туристической привлекательности и конкурентоспособности регионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Министерство транспорта Российской Федерации. Официальный сайт. URL: <https://mintrans.ru> (дата обращения: 11.03.2025)
- 2 Российские железные дороги (РЖД). Официальный сайт. URL: <https://rzd.ru> (дата обращения: 09.03.2025)
- 3 Аналитический отчёт о туристическом потенциале городов-героев. М.: Ростуризм, 2021. С.22–24
- 4 Государственная программа развития транспортной системы России на 2020–2025 годы. М.: Минтранс, 2020. С. 12–17.
- 5 Исследование рынка высокоскоростных магистралей в России. М.: Институт транспортных исследований, 2022. С. 34–51.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ

М. Р. Ибрагимова¹, О. А. Бондаренко²

Введение. В условиях современной экономики и растущих объемов грузоперевозок, оптимизация работы железнодорожных станций приобретает первостепенное значение. Железнодорожные станции, являясь ключевыми узлами транспортной сети, оказывают непосредственное влияние на эффективность и пропускную способность всей железнодорожной системы. Узкие места в технологических процессах работы станции приводят к задержкам, увеличению издержек и снижению конкурентоспособности железнодорожного транспорта.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска и внедрения инновационных подходов к организации работы железнодорожных станций, позволяющих повысить их эффективность, безопасность и экологичность. Анализ современных технологий и

¹ Ибрагимова Марина Ринатовна – студент группы ЭЖД-02, институт «ИУЭ»

² Бондаренко Оксана Александровна – к.т.н., доцент кафедры «УЭР»

методов управления станционными процессами, с учетом специфики российских железных дорог, является важным шагом на пути к повышению конкурентоспособности отрасли.

Целью исследования является выявление и систематизация путей оптимизации технологических процессов на железнодорожной станции, направленных на повышение эффективности ее работы.

Основная часть. Станция Е представляет собой узловую железнодорожную станцию 1 класса, играющую важную роль в транспортной сети региона. Её ключевая функция заключается в обеспечении эффективной и бесперебойной работы железнодорожного транспорта.

Подходы к станции Е характеризуются следующим образом: в нечетном направлении до станции П пролегает двухпутный участок, обеспечивающий высокую пропускную способность. В четном направлении пути от станции Е до станции М и до остановочного пункта 11 км – однопутные.

Станция Е выполняет широкий спектр операций, включая:

- прием и отправление поездов различных категорий;
- смену локомотивных бригад для обеспечения непрерывности движения;
- обслуживание пассажиропотока, создавая комфортные условия для поездов;
- обработку транзитных грузовых составов, обеспечивая их своевременное продвижение;
- формирование и расформирование грузовых поездов, оптимизируя составность для различных направлений;
- осуществление погрузочно-разгрузочных работ с вагонами, включая их промывку и очистку;
- оформление необходимой перевозочной документации, обеспечивая юридическую чистоту процесса.

Анализ функционирования станции Е выявил, что значительной проблемой является задержка вагонов. Одной из причин этого является необходимость проведения технических осмотров локомотивов и оборудования, в ходе которых выявляются и устраняются неисправности. Было зафиксировано множество случаев обнаружения повреждений подвижного состава. Учитывая большой объем транзитных поездов, проходящих через станцию Е и подвергающихся техническому контролю, крайне важно обеспечить оперативность, надежность и качество осмотров, поскольку от этого напрямую зависит эффективность всего перевозочного процесса.

Для решения проблемы задержек вагонов и повышения эффективности работы станции предлагается внедрить устройство УЗОТ–РМ. Данное устройство предназначено для автоматического опробования тормозной системы подвижного состава на пунктах технического обслуживания (ПТО) с фиксацией всех этапов подготовки и проверки тормозов на бумажном носителе [1].

УЗОТ–РМ позволяет автоматизировать процесс подготовки тормозов в парках отправления, контролировать качество их подготовки и соблюдение технологической дисциплины. В состав УЗОТ–РМ входят [2]:

- электропневматический блок, устанавливаемый в горловине парка отправления;
- электронный блок управления и пульт оператора парка (ПОП), размещаемые в помещении оператора, включающие персональный компьютер, монитор и принтер.

Внедрение устройства УЗОТ–РМ обеспечит [3]:

- одновременную обработку составов на 20 путях, значительно увеличивая пропускную способность;
- контроль состояния пневматической части тормозов локомотивов;
- ускоренную зарядку тормозной магистрали (за 8–20 минут);
- выявление случаев самопроизвольного срабатывания тормозов;
- передачу отчетных форм в автоматизированную систему управления ПТО (АСУ ПТО).

Внедрение УЗОТ–РМ позволит оптимизировать работу станции Е, повысить безопасность движения и облегчить труд работников ПТО.

Заключение. Проведенный анализ функционирования узловой железнодорожной станции Е выявил ключевую проблему – задержку вагонов, обусловленную необходимостью тщательного технического осмотра подвижного состава. В условиях высокой интенсивности

транзитного движения, эффективность и оперативность проведения этих осмотров напрямую влияют на общую пропускную способность станции и своевременность доставки грузов. Предлагаемое решение, заключающееся во внедрении устройства УЗОТ–РМ, представляет собой перспективный подход к автоматизации процесса опробования тормозной системы.

Внедрение устройства УЗОТ–РМ на станции Е позволит оптимизировать процесс подготовки и проверки тормозов, сократить время простоя вагонов, повысить безопасность движения и улучшить условия труда работников ПТО. Автоматизация ключевых этапов технического обслуживания, контроль качества подготовки тормозов и оперативная передача данных в АСУ ПТО обеспечат значительный прирост эффективности работы станции в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Устройство зарядки и опробования тормозов с регистрацией УЗОТ–РМ / Государственный реестр средств измерений: сайт. URL: <https://grmetr.ru/gosreestr/313136-15284-13-uzot-rm> (дата обращения: 24.03.2025).
- 2 Киселёв И. П., Блажко Л. С., Бурко А. Т. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс. Том 1 : учебное пособие. Москва : ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. 428 с.
- 3 Определение технико-экономической эффективности применения устройств зарядки и опробования тормозов для сокращения простоев поездов на технических станциях / А. Р. Норбоев, Г. М. Грошев, В. Л. Белозеров, В. И. Ковалев // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2014. № 2 (39). С. 140–146.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ РАБОТЫ СТАНЦИИ Н

М. О. Чиженькова¹, О. А. Бондаренко²

Введение. Разработка мероприятий по совершенствованию работы станции Н направлена на повышение эффективности деятельности станции путем оптимизации технологических процессов. Основной задачей является создание условий для улучшения качества работы станции и обеспечение высокого уровня транспортной безопасности.

Железнодорожный транспорт занимает одну из ключевых ролей в экономике страны, обеспечивая транспортные потребности населения и компаний. Тем не менее, рост интенсивности перевозок зависит от требуемого уровня к инфраструктуре железнодорожных станций, технического состояния подвижного состава и качества обслуживания клиентов. Необходимость разработки мероприятий обусловлена стремительным развитием транспортных технологий, увеличением объемов грузоперевозок и повышением требований к оперативности и надежности доставки грузов.

Целью разработки мероприятий является увеличение производительности станции Н, увеличение перерабатывающей способности горки, увеличение сроков эксплуатации технических сооружений и снижение эксплуатационных расходов, что позволит повысить конкурентоспособность станции на рынке железнодорожных перевозок.

Основные задачи мероприятий включают в себя:

- повышение пропускной способности станции путем внедрения современных технологий управления поездами и сортировочными операциями;
- оптимизация схем, обеспечивающих сокращению времени нахождения вагонов на станции и ускорению оборота вагонов;
- совершенствование технологии и организации работы персонала станции, включая повышение уровня профессиональной подготовки сотрудников.

Таким образом, мероприятия по совершенствованию работы станции Н позволят значительно повысить качество транспортного обслуживания, увеличить объем обрабатываемых грузов и создать условия для устойчивого экономического роста.

¹ Чиженькова Мария Олеговна – студент группы ЭЖД-02, институт «ИУЭ»

² Бондаренко Оксана Александровна - к.т.н., доцент кафедры «УЭР»

Основная часть. В ходе исследования была изучена техническая характеристика станции Н. Станция Н является односторонней сортировочной с комбинированным расположением парков. Путевое развитие станции включает в себя: приемо–отправочный парк «А» (12 путей), сортировочно–отправочный парк «Б» (24 путей), приемо–отправочный парк «В» (10 путей), приемо–отправочный парк «Г» (3 пути), главные пути (6 путей), прочие пути (14 путей), контейнерную площадку (6 путей).

Также была изучена эксплуатационная характеристика станции Н. С пассажирскими поездами выполняют такие операции как: приём и отправление пассажирских поездов любых назначений; предоставление услуг пассажирам, оформление приёма и выдачи багажа и почты, выполнение операций по загрузке и разгрузке багажа и почты. С грузовыми поездами выполняют такие операции как: беспрепятственный проход грузовых составов без остановок; приём и отправление грузовых поездов; сортировка и сборка грузовых поездов в соответствии с планом формирования; обработка транзитных грузовых поездов без изменения состава; проведение мероприятий по формированию и разборке сборных, передаточных и вывозных поездов; техническое освидетельствование состояния вагонов и поездов, проверка коммерческого соответствия груза перевозочным документам [1].

Для определения факторов, влияющих на работу станции Н, разработана Диаграмма Исикавы, показанная на рисунке 1, которая отражает причинно–следственные связи между факторами, выявляет причину и помогает найти пути решения.

Были выделены четыре фактора, влияющих на работу станции: обустройство станции, технология работы, климатические условия и Социально-экономические факторы.



Рис.1. Диаграмма Исикавы

Для определения наиболее важной проблемы, оказывающей негативное воздействие на функционирование станции, проведен отдельный анализ каждого фактора посредством построения диаграммы Парето.

Анализ выявил, что наибольшее влияние на работу станции Н оказывает фактор «Обустройство станции». Это связано с наибольшим количеством зафиксированных нарушений за год – 114 случаев. Среди проблем, связанных с данным фактором, выделяется систематическая задержка составов в парке прибытия «В», вызванная недостаточной автоматизацией сортировочной горки. Количество таких происшествий составило 44 случая, что соответствует 39 % от общего числа нарушений. Немаловажным аспектом также являются сбои в работе горочного пульта управления, число которых достигло 31 (27 %). Данные нарушения взаимосвязаны друг с другом.

На рисунке 2 представлена диаграмма Парето фактора «Обустройство станции».

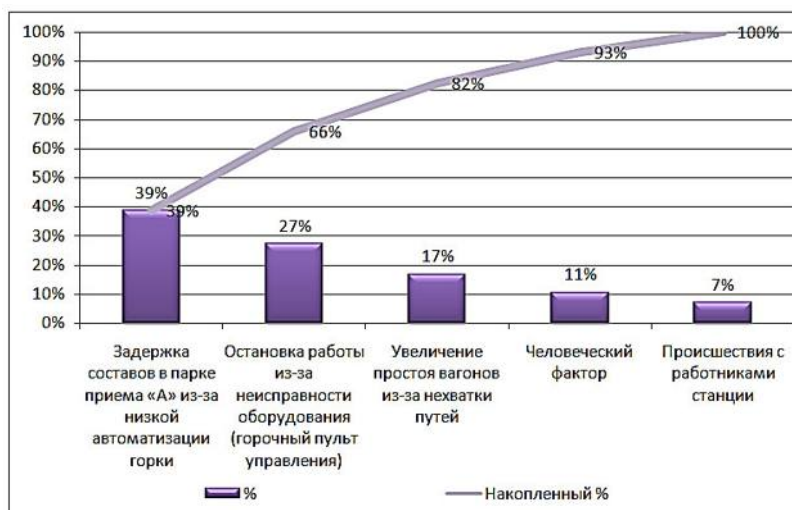


Рис. 2. Диаграмма Парето фактора «Обустройство станции»

На станции Н предлагается внедрить комплексную систему автоматизации управления сортировочным процессом (КСАУ СП), включающую интерактивный горочный пульт (ПГИ), что позволит эффективно решить проблемы, связанные с задержками составов в парке приема «А» и остановками работы из-за неисправности оборудования.

Комплексная система автоматизации управления сортировочным процессом направлена на автоматизированное управление процессами расформирования составов на сортировочной горке, что помогает эффективно управлять движением подвижных составов и оптимизировать загрузку путей в сортировочном парке [2,3].

Интерактивный горочный пульт управления базируется на автоматизированном контроле всех элементов сортировочной горки. Его назначение заключается в согласовании действий дежурного, обеспечивая безопасность и высокую производительность процесса роспуска вагонов. Основная задача пульта состоит в централизованном удалённом управлении работой всей горки. Удобство эксплуатации обеспечивается благодаря наличию интерактивного экрана, отображающего схему горки, местоположение вагонов и статус оборудования [4].

Для успешного внедрения новой системы и ее эффективного функционирования был разработан детальный план реализации, включающий ряд последовательных мероприятий.

Первый шаг заключается в проведении предварительного анализа текущего состояния инфраструктуры, исследовании существующих систем и рабочих процессов на станции Н. Это позволит объективно оценить необходимость внедрения комплексной системы автоматизации управления сортировочным процессом, включая интерактивный.

Следующий этап предполагает разработку четкого технического задания, содержащего подробную спецификацию функциональных возможностей и технических характеристик необходимой системы.

Затем осуществляется проектирование оптимальной схемы расположения нового оборудования в рамках существующей инфраструктуры станции.

Далее проводится удаление устаревшего оборудования, подготовка места для монтажа новых компонентов.

На пятом этапе производится приобретение необходимого оборудования, его монтаж, подключение и первоначальная настройка аппаратуры, включая установку и настройку специализированного программного обеспечения.

Параллельно начинается процесс подготовки персонала — проводятся теоретические занятия и практические тренировки сотрудников, направленные на освоение принципов эксплуатации и особенностей работы с новым оборудованием.

На шестом этапе система вводится в эксплуатацию, испытывается в реальных условиях. При выявлении недостатков и ошибок выполняется их устранение и доработка решений.

Заключительный этап включает повседневное использование установленной системы, регулярное обновление ПО и техническое обслуживание, обеспечивающее бесперебойность и эффективность работы комплекса.

Оценка экономической эффективности внедрения системы на железнодорожной станции Н представляет собой ключевой этап анализа выгод и итоговых результатов проекта. Методика расчета экономического эффекта базируется главным образом на сокращении издержек путем оценки прироста дохода и учета сопутствующих расходов, возникающих вследствие реализации [5].

Результаты расчета капитальных вложений на внедрение КСАУ СП в комплексе с ПГИ приведены в таблице.

Таблица

Капитальные вложения на внедрение КСАУ СП в комплексе с ПГИ

Наименование видов затрат	Затраты, тыс. руб.
Стоимость оборудования	88 320
Строительно-монтажные работы	9 720
Пуско-наладочные работы	8 660
Обучение персонала	190
Итого	106 890

Выполнена финансовая оценка проекта, включающая показатель срока окупаемости, позволяющий установить временной интервал, в течение которого инвестиции начнут приносить положительный финансовый результат. На рисунке 3 представлены результаты расчета срока окупаемости КСАУ СП в комплексе с ПГИ.

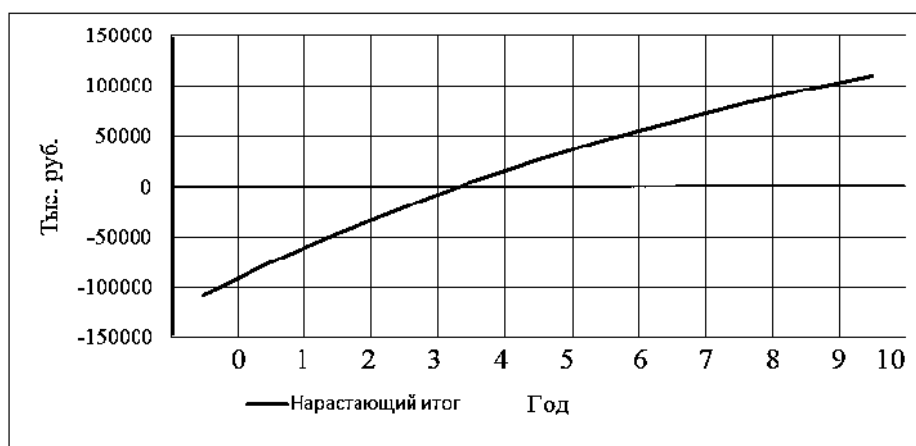


Рис. 3. Срок окупаемости проекта

Расчет показывает, что общие расходы по проекту составляют 106 890 тысячи рублей, тогда как общий доход достигает 48 732 тысяч рублей. Итоги свидетельствуют о сроке окупаемости менее пяти лет, что подтверждает финансовую обоснованность и перспективность реализации данного проекта.

Заключение. Разработанные мероприятия по совершенствованию работы станции Н положительно отразятся на функционировании станции Н. Планируемые результаты внедрения комплексной системы автоматизации управления сортировочным процессом, включая пульт горочный интерактивный:

- снижение влияния человеческого фактора на качество работы;
- уменьшение численности работников на горке (минимум на двух человек каждую смену);
- уменьшение риска травматизма среди работников;
- снижение эксплуатационных расходов;

- снижение затрат, вызванных повреждениями вагонов и груза;
- ускорение обработки вагонов благодаря автоматическим процедурам, сокращающим простой;
- увеличение пропускной способности станции;
- создание удобного рабочего места дежурных по горке (понятный интерфейс с интерактивным пультом, что облегчает работу и уменьшает нагрузку сотрудника).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Организация работы сортировочной станции»: учебное пособие / составители В. В. Широкова, Н. А. Кузьмина. Хабаровск: ДВГУПС, 2023. 128 с.
- 2 Технические средства механизации и автоматизации технологических процессов на сортировочных горках: учебное пособие / М. В. Четчуев, Д. И. Хомич, В. В. Васильев. Санкт-Петербург: ПГУПС, 2022. 72 с.
- 3 Труды АО «НИИАС». Выпуск 11. Том 2. М.: Типография АО «Т 8 Издательские Технологии», 2021. 308 с.
- 4 Официальный сайт ОА НИИАС «Пульт горочный интерактивный» [Электронный ресурс]. URL: <https://niias.ru/products-and-services/products/infrastrukturnye-kompleksy/pult-gorochnyy-interaktivnyy-pgi/> (дата обращения: 25.02.2025).
- 5 Экономическое обоснование технических и технологических решений в выпускных квалификационных работах: метод. рекомендации / С. В. Рачек, Л. В. Пятышина, А. В. Суханова; под ред. проф. С. В. Рачек. Екатеринбург : УрГУПС, 2018. 129 с.

ДИСТАНЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ УРОВНЯ НАЛИВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В ЦИСТЕРНАХ

К. А. Кулямин¹, А. В. Клюканов²

Введение. Одной из актуальных проблем современной железнодорожной отрасли в настоящее время является недолив или перелив нефтяного продукта в железнодорожные цистерны. Данная проблема возникает по причине неисправности и наличие дефектов в вагоне – цистерне, возможные технические отказы регулирования, систем автоматики отвечающей за контролем наливом нефтепродуктов, а также неполный проведенный процесс сливных работ, неправильный подход подогрева нефтяных продуктов в железнодорожных цистернах. В связи с обнаружением данных дефектов большое значение приобрела проблема об угрозе экологической безопасности при обнаружении утечки продуктов в железнодорожных цистерн.

Перспективу данной проблемы открывает вопрос об применении и предназначении системы дистанционного контроля уровня налива и избежания недолива нефтяных продуктов в вагонах – цистернах, решить поставленную проблему можно с помощью устройства: автоматизированная, дистанционная система управления наливом нефтепродуктов в железнодорожные цистерны.

Разработанная автоматизированная система управления наливных операций используют на сливноналивных железнодорожных эстакадах предназначается для проведения оперативного и автоматизированного управления оборудованием для наливных и сливных работ в вагоны – цистерны на железнодорожных нефтеперерабатывающих предприятиях [1, 2].

Основная часть. Автоматизированная, дистанционная система управления и контроля налива нефтяных продуктов данное устройство обеспечивает контроль и безопасность слива и налива нефти и нефтесодержащих продуктов в железнодорожные цистерны. Система оснаще-

¹ Кулямин Кирилл Алексеевич – студент группы ЭЖД-31, Институт управления и экономики

² Клюканов Алексей Васильевич – к.т.н., доцент кафедры «Технология грузовой и коммерческой работы, станции и узлы»

на устройствами: сигнализацией определяющей ход налива нефти, настройка и перенастройка на заданный уровень налива, функция защиты от перелива датчиком предельного уровня, управление запорной арматурой с помощью пульта управления, удалённого автоматизированного рабочего места (АРМ), передача сигналов и контроля во внешние цепи, необходимые типы датчиков для различных видов нефтепродуктов, функции избежания экологической катастрофы разлива нефтепродуктов применяют автоматическую остановку налива нефти по заданному уровню и самодиагностика и прекращение налива при возникновении дефектов [3].

Механизм работы данного устройства происходит по алгоритму процесса налива нефтепродукта в вагон–цистерну состоит из следующих этапов: оператор (АРМ) на железнодорожной эстакаде производит операцию заземления железнодорожной цистерны на платформе; необходимо привести в рабочее состояние трап, наконечник и консоль стояка налива нефтяного продукта, оператор выполняющий налив нефтепродукта в вагон–цистерну, производит контроль за состоянием технологического оборудования, устанавливает необходимый уровень налива нефтепродукта и запускает налив для каждого стояка отдельно, после подтверждения функции запуска насосов, открывается клапан малого расхода, по истечении времени процесса налива нефти на малом расходе открывается клапан большого расхода при достижении определённого количества налива нефтяного продукта в железнодорожной цистерне до завершения заданного объёма продукта закрывается клапан большого расхода.

Система управления наливом состоит из необходимого комплекта информационного оборудования, входящий в состав устройства налива, и использование программного обеспечения (ПО), предоставляющий возможность управления наливом продукта с автоматизированного рабочего места (АРМ) на мониторе, применяются необходимые требования для обеспечения промышленной безопасности устройства налива должны быть оборудованы устройствами автоматической защиты, для предотвращения от переналива нефтепродуктов в вагон–цистерну [4].

При наливе нефтепродуктов в железнодорожные цистерны очень важно соблюдать экологическую безопасность окружающей среды необходимо во время сливноналивных действий, производить контроль за недопущением течи из вагонов – цистерн при использовании дистанционного, автоматизированного устройства управления наливом осуществляется следующими испытаниями: 1) необходимо проверить положение и техническое состояние запорной арматуры, а также осмотр всех сливноналивных устройств для обеспечения безопасности, проверить плотность соединений телескопических труб и рукавов. 2) При выявлении течи нефтяного продукта в железнодорожной цистерне необходимо остановить процесс наливных работ до обнаружения и ликвидации неисправности. Если течь по каким – либо причинам ликвидировать невозможно, то железнодорожную цистерну важно освободить от налитого продукта. 3) Если обнаруживается неполадка или отключение электронной, то система автоматически приостанавливает налив прерывается при достижении предельного уровня заполнения железнодорожной цистерны или обнаружения неисправности заземления цепи цистерны. При соблюдении данных свод требований регламента по безопасности технической эксплуатации данных систем на нефтебазах можно избежать происшествий в экологии окружающей среде, а также предотвратить аварии на предприятиях по нефтепереработке [5].

Выводы. Автоматизированные, дистанционные устройства для налива и контроля нефтяных продуктов в вагоны – цистерны играют важную роль в эксплуатации железнодорожного транспорта и служат важной опорой для осуществления транспортировки нефтяных продуктов по железнодорожной сети Российской Федерации. А также данные устройства обеспечивают промышленную безопасность благодаря устройствам автоматической защиты и контроля от перелива нефтепродуктов в железнодорожных вагонах – цистернах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Игорь Адаменко. Автоматизация железнодорожной эстакады слива – налива нефтепродуктов // разработки нефтегазовая промышленность. 2015. С. 70–74/.
- 2 АРМ оператора налива и слива / Технологический модуль. URL: https://www.livenka.ru/images/business/products/auto/po/arm/arm_tehmod.pdf (дата обращения 22.02.2025)
- 3 Об утверждении правил технической эксплуатации нефтебаз: приказ Министерство энергетики Российской Федерации от 19 июня 2003 г. № 232.
- 4 Дистанционная автоматизированная система управления типа «Д». URL: <https://koz.ru/catalog/oborudovanie-dlya-zheleznodorozhnogo-transporta/avtomatizirovannye-sistemy-upravleniya/sistema-upravleniya-tipa-d/> (дата обращения 18.02.2025)
- 5 Чиркова. И. Г., Акберов. К.Ч. Внутрифирменное планирование проектной деятельности: учебное пособие. Новосибирский государственный технический университет, 2015. 64 с.

СПОСОБЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АТАКАМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Е. Д. Моисеева¹, И. И. Кононов²

Обоснование. Волна беспилотных летательных аппаратов затронула и транспортную безопасность. В последние годы наблюдается рост использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для выполнения различных задач, включая наблюдение, транспортировку грузов и реализацию потенциальных террористических актов. Это создает новые угрозы для объектов транспортной инфраструктуры, таких как железнодорожные станции, где безопасность и бесперебойная работа имеют первостепенное значение. Также проблема противодействия БПЛА, и, в частности, малым БПЛА, является очень сложной, многогранной и до сих пор эффективно не решенной.

С увеличением числа легкодоступных БПЛА возрастает риск их использования в противоправных целях. Транспортная инфраструктура может стать мишенью для разведывательных действий, актов саботажа или террористических атак. Поэтому обеспечение защиты этих объектов становится важным вопросом в обеспечении транспортной безопасности [1].

Цель – определение комплекса оборудования для защиты железнодорожной станции от атак беспилотных летательных аппаратов.

Методы. Террористы и лица, которые ведут незаконную деятельность, используют БПЛА (чаще – малые БПЛА) для осуществления следующих задач:

- проникновения за периметр охраняемых объектов и ведение там слежки;
- заброс самодельных средств поражения (взрывных устройств);
- повреждение зданий, объектов инфраструктуры и транспортных средств;
- перемещение запрещенных средств или их закидывание на охраняемую территорию.

Защита от беспилотников должна осуществляться с использованием современных высокотехнологичных методов и средств защиты. При решении данной проблемы целесообразно учитывать наработки по организации комплексной системы защиты [3].

Методы противодействия беспилотным летательным аппаратам сосредоточены на завершении перемещения БПЛА. Методы защиты от беспилотных летательных аппаратов делятся на пассивные и активные [2].

Пассивные методы защиты:

Пассивные методы защиты направлены на минимизацию рисков и снижение уязвимости объектов к угрозам со стороны БПЛА. К таким средствам можно отнести:

1. Физические барьеры

¹ Моисеева Елизавета Дмитриевна – студент группы ТБб-11, ИУЭ

² Кононов Иван Иванович – к.т.н., доцент кафедры ТГКРСУ

Установка защитных конструкций, таких как заборы или сетки, может предотвратить доступ БПЛА на территорию станции. Высота и плотность этих барьеров должны быть такими, чтобы исключить возможность пролетов низколетящих дронов [2].

2. Проектирование инфраструктуры

Правильное проектирование и зонирование территории станции помогают уменьшить влияние потенциальных атак. Например, размещение критически важных объектов в защищенных зонах и использование укрытий для важного оборудования. Таким образом при проектировании станции важно учитывать возможное расположение указанных выше физических барьеров [3].

3. Системы наблюдения

Еще одним эффективным средством обнаружения БПЛА является оптическая система. Она использует камеры и другие оптические устройства для обнаружения и распознавания дронов по их визуальным характеристикам. На современном рынке оборудования по защите от БПЛА представлены модели со встроенным видеонаблюдением и датчиками движения, что может значительно повысить уровень контроля за воздушным пространством. Это поможет оперативно реагировать на неопознанные БПЛА и получить информацию для принятия решений [4].

Также новейшим средством борьбы с БПЛА являются системы оптического обнаружения и отслеживания. Они используют передовые оптические технологии, такие как тепловизионные камеры, лазерное сканирование и компьютерное зрение, для обнаружения, идентификации и отслеживания дронов [5].

Активные средства защиты:

Активные средства защиты предполагают технические решения, направленные на нейтрализацию угрозы, исходящей от БПЛА. Они включают:

1. Радары и системы раннего предупреждения

Установка радаров, способных выявлять низколетящие объекты, поможет раннему обнаружению БПЛА до того, как они достигнут опасного расстояния [5].

2. Средства радиоэлектронной борьбы и подавления

Существует несколько основных типов средств обнаружения БПЛА. Одним из них является радиолокационная система. Она позволяет обнаруживать и отслеживать дроны по их радиоволнам. Радиолокационные системы имеют большую чувствительность и точность, что делает их эффективными для обнаружения даже небольших и низколетящих БПЛА [4]. Однако, они имеют свои ограничения, такие как высокая стоимость и сложность эксплуатации. Использование РЭБ может приводить к отключению управления дронами, заставляя их приземляться или возвращаться к отправной точке. Излучение помеховых сигналов является радиоэлектронным подавлением БПЛА. Чаще применяется заградительная шумовая помеха, которая превышает по мощности управляющий сигнал. Это должно быть сделано с учетом правовых норм, так как неправильное использование может нарушать законы о беспилотной авиации.

3. Системы перехвата

Новые технологические разработки обеспечивают возможность перехвата и нейтрализации БПЛА с помощью специализированных дронов или сетевых систем [6]. Такие устройства могут быть достаточно эффективными для исключения угрозы из состояния активной работы. Российскими учеными уже активно ведутся разработки. Был разработан FPV-перехватчик, который не только может уничтожить беспилотники, но и используется для других воздушных задач. Является достаточно эффективным и дает возможность уничтожить низколетящие БПЛА.

Результаты. Рассмотрев способы защиты объектов транспортной инфраструктуры от атак беспилотных летательных аппаратов, мы определили комплекс оборудования, состоящий из системы подавления сигналов Серп-ВС5 и защитно-улавливающей сети «Дарвин», которая входит в реестр Минпромторга. Данное оборудование производится российскими компаниями и успешно прошло испытания в ведущем российском центре ФГУП НАМИ.

Немаловажным аспектом является соблюдение законодательства в сфере использования БПЛА. Разработка и внедрение систем защиты должны осуществляться в рамках закона, чтобы избежать правовых последствий за действия. Это включает в себя необходимость разрешений на использование активных средств защиты.

Возможное размещение оборудования на железнодорожной станции представлено на рисунке.

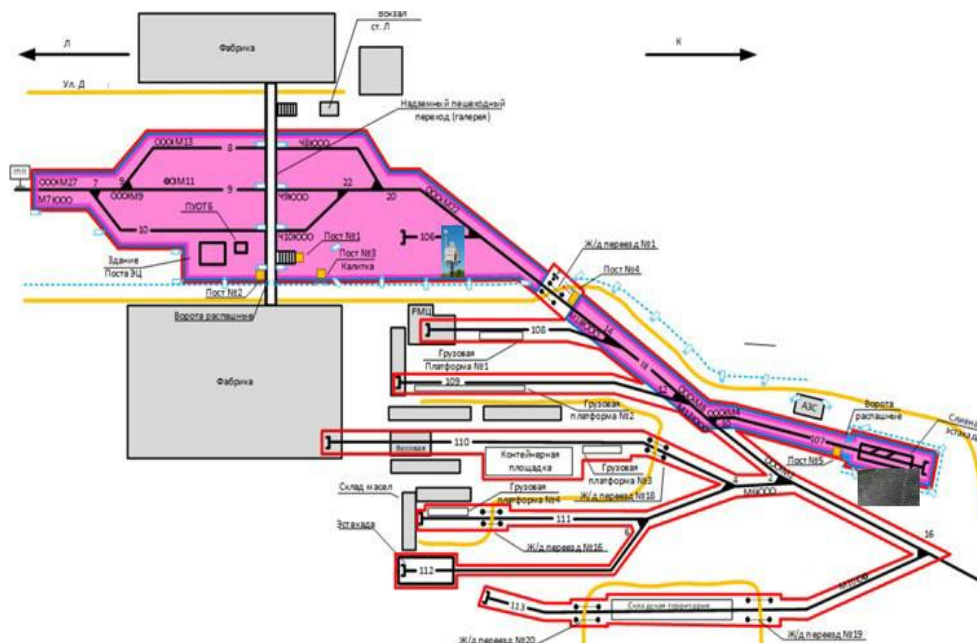


Рис. Расположение оборудования на железнодорожной станции

Выводы. Обеспечение защиты железнодорожных станций от БПЛА требует комплексного подхода, включающего как пассивные, так и активные меры. Важно учитывать, что каждая станция имеет свои уникальные характеристики, что подразумевает необходимость индивидуального подхода к разработке и внедрению систем защиты. На фоне развития технологий важно регулярно обновлять и адаптировать защитные механизмы, чтобы гарантировать максимальную безопасность и минимизировать риски для пассажиров и инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Федеральный закон «О транспортной безопасности» от 09.02.2007 N 16–ФЗ // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66069/?ysclid=ma2oyn4soq590903309 (дата обращения: 11.04.2025).
- 2 Общие принципы защиты объектов от беспилотных летательных аппаратов / А. А. Комаров, Н. В. Громов, А. Д. Корольченко, П. С. Ланской / Пожаровзрывобезопасность. 2024. Т. 33, № 5. С. 51-60. DOI 10.22227/0869–7493.2024.33.05.51-60. EDN ULIVUK.
- 3 Андриющенко М. С., Голик А. М., Сахнов С. А. Подходы к организации противодействия беспилотным летательным аппаратам // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2023. № 1 (126). С. 15–21. EDN ATVFED.
- 4 Андреев А. Д. Современные средства обнаружения БПЛА // Актуальные вопросы науки и практики: сборник научных статей по материалам XIII Международной научно-практической конференции, Уфа, 08 декабря 2023 года. Уфа: ООО «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2023. С. 102–106. EDN UMRSML.
- 5 Андреев А. Д. Новейшие средства борьбы с БПЛА // Актуальные вопросы науки и практики: сборник научных статей по материалам XIII Международной научно-практической конференции, Уфа, 08 декабря 2023 года. Уфа: ООО «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2023. С. 89–93. EDN NZRZHN.
- 6 Аничкина А. Д., Кононов И. И. Применение беспилотных летательных аппаратов для защиты объектов транспортной инфраструктуры от актов незаконного вмешательства // Дни студенческой науки: сборник материалов 50-й научной конференции обучающихся СамГУПС, посвященной 50-летию СамГУПС, Самара, 04–28 апреля 2023 года. Том 1. Выпуск 24. Самара: СамГУПС, 2023. С. 53–54. EDN ZLHJWV.

У. И. Петрова¹, А. В. Варламов²

Введение. Технология «Маглев» – это революционный подход к организации транспортных систем, заменяющий традиционные колёсные пары магнитной левитацией. Отсутствие физического контакта с рельсом во время движения позволяет получить значительное преимущество в плавности и скорости хода в сравнении с другими высокоскоростными транспортными средствами при сохранении акустического комфорта. Исключение механической тяги и трения обеспечивает более высокие показатели ускорения и замедления, а также устойчивость к неблагоприятным погодным условиям. В высокоскоростных колёсных системах износ, обусловленный трением и эффектом «удара» колёс о рельсы, провоцирует ускоренное разрушение элементов [1]. Это, в свою очередь, снижает потенциал для стабильного достижения высоких скоростей механическими системами.

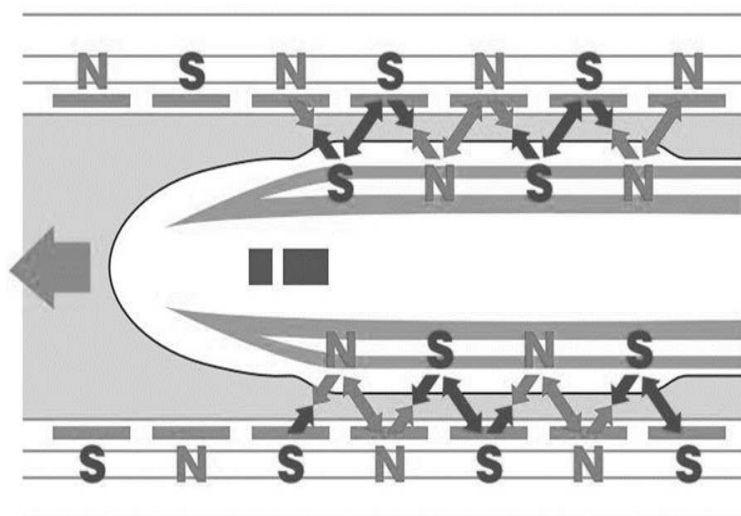


Рис. 1. Основа работы Маглева

Основная часть. Работа Маглева основана на базовом свойстве магнитов: одноименные полюса отталкиваются, а разноименные притягиваются. На основе этого принципа в настоящий момент действуют две основные технологии: электромагнитная (EMS) и электродинамическая (EDS) [2].

В системе EMS поезд «парит» над рельсами благодаря электромагнитам, расположенным под вагонами. Электромагниты притягиваются к стальному рельсу, поднимая поезд. Основная проблема этой технологии – нестабильность. Даже небольшие изменения расстояния между поездом и рельсом сильно влияют на силу притяжения. Поэтому в системе EMS используются специальные системы, которые постоянно измеряют и корректируют это расстояние, чтобы поезд оставался на нужной высоте.

В отличие от электромагнитной подвески, в EDS и магниты, и рельсы содержат магнитные элементы. Сверхпроводящие магниты под поездом отталкиваются от магнитных элементов в рельсах, создавая подъёмную силу. Эти магниты очень мощные и создают сильное магнитное поле, которое взаимодействует с металлическими петлями в рельсах, генерируя ток и создавая дополнительное магнитное поле, отталкивающее поезд. EDS требует наличия колёс на низких скоростях, а также защиты поезда от сильных магнитных полей [3].

¹ Петрова У. И. – студент 4-го курса, ИЭУ

² Варламов А. В. – к.т.н., доцент кафедры ТГКРСУ

Третий способ создания Маглева – использование постоянных магнитов, организованных в специальную структуру – сборку Халбаха, для создания сильного магнитного поля. В этом случае электричество нужно только для движения поезда, а для удержания его над рельсами – нет.



Рис. 2. Разновидности технологии работы Маглев

Поскольку пока не найден материал, способный демонстрировать сверхпроводимость при приемлемых температурах, в поездах используется сложная система, которая охлаждает магниты до температуры не выше – 170 °C [4].

Выбор оптимальной системы Маглев подразумевает тщательную оценку достоинств и недостатков различных технологий. Электромагнитная подвеска (EMS) требует постоянного электроснабжения и, как следствие, резервных источников питания. Кроме того, для стабильного поддержания зазора между поездом и полотном в EMS необходимы сложные электронные системы контроля, компенсирующие внешние воздействия. Электродинамическая подвеска (EDS), в свою очередь, требует криогенных установок для охлаждения сверхпроводящих магнитов. Высокая мощность магнитного поля в EDS также обуславливает необходимость экранирования для защиты электроники и медицинских устройств. Следует учитывать, что эффективная левитация в EDS достигается только на скорости свыше 150 км/ч, что требует использования колёс при старте.

Технология магнитной левитации обладает значительным потенциалом для революционных изменений в транспортной инфраструктуре, позволяя организовывать высокоскоростные, эффективные и экологически чистые перевозки пассажиров и грузов [5]. Однако для реализации этого потенциала необходимо преодолеть ряд ключевых проблем, требующих активных исследований и разработок в следующих направлениях:

- снижение затрат на строительство и обслуживание линий Маглев является ключевым фактором для повышения конкурентоспособности этой технологии;
- снижение энергопотребления играет важную роль в повышении экологической устойчивости и экономической привлекательности систем Маглев;
- основным приоритетом для любой транспортной системы является безопасность;
- электродинамическая подвеска имеет потенциал для достижения более высоких скоростей и большей энергоэффективности по сравнению с электромагнитной подвеской (EMS).

В России интерес к технологии Маглев появился еще в советское время, однако из-за экономических трудностей работы были приостановлены. Развитие этой технологии требует комплексного подхода, который включает реализацию пилотных проектов, активное международное сотрудничество, адаптацию существующих технологий и разработку собственных инновационных решений. Реализация этих направлений позволит создать современную, эф-

фективную и экологически чистую транспортную систему, способствующую Социально-экономическому развитию Российской Федерации [6].

Заключение. Благодаря усилиям учёных и инженеров со всего мира, активно развивающих технологию магнитной левитации, открываются большие перспективы на будущее. Она поможет стать более дешёвым, быстрым, безопасным и экологичным видом транспорта, чем тот, что есть у нас сегодня. Эту технологию можно использовать где угодно: от пригородного общественного транспорта до поездок по стране. Есть даже предложения построить длинные подземные тоннели, откачивать из них воздух и размещать внутри поезда на магнитной подушке. В таких условиях практически не будет сопротивления воздуха, поэтому поезд сможет легко развивать скорость, превышающую скорость звука. В перспективе данный вид транспорт получит большее распространение, так как его преимущество в использовании будет преобладать в этой сфере. Преимущества слишком очевидны, чтобы их игнорировать [7].

Внедрение поезда на магнитной подушке в Российской Федерации – это вопрос времени. В настоящее время его разработкой занимается консорциум «Российский Маглев». Для успешного внедрения Маглев в России необходимо учитывать международный опыт, а также активно развивать собственные инновационные решения. Ключевыми факторами успеха станут реализация пилотных проектов, сотрудничество с зарубежными партнерами и государственная поддержка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Мадениетова Диана Толегеновна, Абенова Аружан Нурлановна ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ «МАГЛЕВ» ПОЕЗДОВ // ELS. 2024. №май. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-upravleniya-maglev-poezdov> (дата обращения: 10.04.2025).
- 2 Демещик А. В., Рымко А. И. Маглев. Поезд на магнитной левитации. 2020.
- 3 Hyung-Woo Lee, Ki-Chan Kim and Ju Lee, Review of maglev train technologies, in IEEE Transactions on Magnetics, vol. 42, no. 7, pp. 1917–1925, July 2006 // URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1644911/references#references> (дата обращения: 20.03.2025).
- 4 MA Wei-hua, LUO Shi-hui, ZHANG Min, SHENG Zhuo-hang. Research review on medium and low speed maglev vehicle[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2021, 21 (1): 199–216. // URL: <https://transport.chd.edu.cn/en/article/doi/10.19818/j.cnki.1671-1637.2021.01.009> (дата обращения: 20.03.2025).
- 5 Nguyen, Tuan C. The Basics of Magnetic Levitated Trains (Maglev). ThoughtCo, Apr. 5, 2023, thoughtco.com/basics-of-magnetic-levitated-trains-maglev-4099810.
- 6 2025 Shanghai Maglev Train–The Fastest Train from PVG to Downtown Shanghai // URL: <https://www.trip.com/blog/all-you-need-to-know-about-shanghai-maglev/>
- 7 Cornell Wilson Maglev: Magnetic Levitating Trains // URL: <https://sites.tufts.edu/eeseniordesignhandbook/2015/maglev-magnetic-levitating-trains/>

ПЕРЕВОЗКА НЕБОЛЬШИХ ПАРТИЙ ГРУЗОВ В СОСТАВЕ УСКОРЕННЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПОЕЗДОВ В РАМКАХ КОМПЛЕКСНОЙ УСЛУГИ

Е. А. Андреева¹, Н. Х. Варламова²

Введение. В статье рассматриваются основные понятия контейнерных перевозок, проводится анализ числа контейнерных поездов, отправляемых Куйбышевской железной дорогой, и анализ перевозки грузов по видам транспорта по Российской Федерации. А также предлагается создание нового сервиса на сайте cargo.rzd.ru, которое позволит привлечь предприятия малого и среднего бизнеса. Для данной услуги был произведён расчёт экономической эффективности и потенциальный доход от её внедрения, результаты которого приведены в данной статье.

¹ Андреева Евгения Александровна – студент группы ЭЖД-35у, факультет ИУЭ

² Варламова Нелли Хасановна – к.т.н., доцент кафедры «Технологии грузовой и коммерческой работы, станции и узлы»

Содержание статьи. При осуществлении перевозки одним или несколькими видами транспорта при условии отсутствия перегрузки грузов в пути следования используется следующая единица транспортного оборудования – железнодорожный контейнер. А для их перевозки по железной дороге России существуют сервисы, которые перевозят только контейнеры – контейнерные поезда. Они представляют собой составы установленной длины, состоящие из вагонов, загруженных грузёными или пустыми контейнерами, отправленными одним или несколькими грузоотправителями. Контейнерные поезда следуют от станции отправления до станции назначения без расформирования и формирования. При выполнении маршрута следования контейнерный поезд должен проследовать хотя бы одну техническую станцию (участковую, сортировочную) без переработки (отражено в действующем плане формирования грузовых поездов) (ПФП) [1].

В январе – ноябре 2024 г. в рамках услуги «грузовой поезд по расписанию» с железнодорожных станций Куйбышевской железной дороги отправилось 507 контейнерных поездов в направлении Урала, Дальневосточных и Северо-Западных регионов Российской Федерации. Это на 3 % больше, чем за аналогичный период 2023 г. На импорт контейнерные поезда отправлялись в Китай, Вьетнам, Индию и Турцию [2].

Круговая диаграмма перевозки грузов по видам транспорта по Российской Федерации приведена на рисунке 1. Данные для этой круговой диаграммы были получены с официального сайта федеральной службы государственной статистики (Росстат) [3].

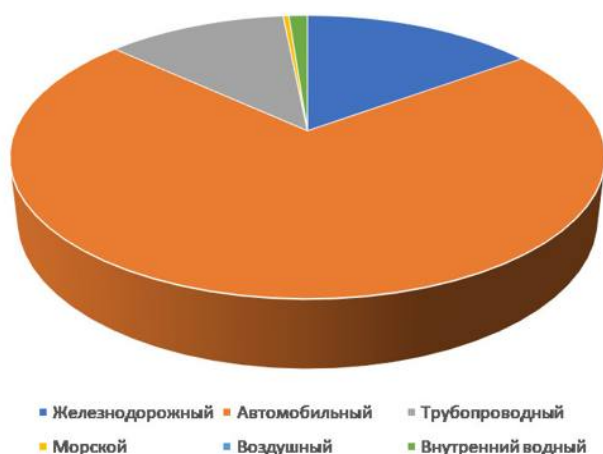


Рис. 1. Круговая диаграмма перевозки грузов по видам транспорта по территории России

Проведя анализ грузоперевозок по территории России, было установлено, что большинство клиентов предпочитают автомобильный транспорт. Это связано с тем, что у клиента нет необходимого объема груза, который нужен для полного формирования контейнерного поезда. В связи с этим, в данной статье предлагается разработка нового сервиса, позволяющего предприятиям малого и среднего бизнеса воспользоваться услугами перевозки груза в контейнерных поездах с высокой скоростью доставки до пункта назначения. Данный сервис позволит создать дополнительную клиентскую базу предпринимателей малого и среднего бизнеса (МСП), что позволит увеличить объем грузовых перевозок. Указанный выше сервис позволит забронировать место в контейнерном поезде для необходимого числа контейнеров.

Предпосылки создания сервиса представлены на рисунке 2.

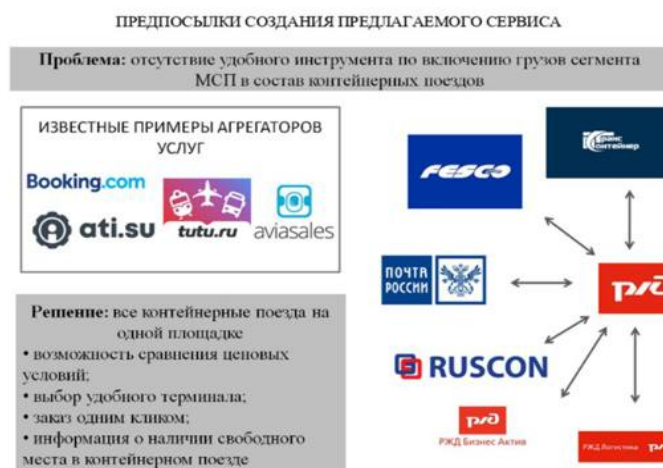


Рис. 2. Предпосылки создания сервиса по бронированию мест в контейнерных поездах

При включении грузов малых и средних предприятий в регулярные контейнерные поезда позволяет заказчику перевозки продукции получить более быструю доставку по сравнению с автомобильным транспортом. Также это является выгодным решением для организатора поезда, так как будет обеспечена дополнительная загрузка без необходимости новых клиентов.

Отпадает потребность в экспедиторских услугах, так как договор заключается напрямую между ОАО «РЖД» и МСП.

Для заказа места в контейнерном поезде необходимо перейти по ссылке сайта cargo.rzd.ru [4]. Данный сервис позволит в автоматизированном режиме заключить договор оферты, а также забронировать место в конкретном контейнерном поезде одним нажатием соответствующей кнопки. Это позволит небольшим компаниям, которые не имеют достаточного количества груза для формирования полноразмерного поезда, воспользоваться всеми преимуществами перевозок ускоренными контейнерными поездами.

Для реализации данной услуги необходимы изменения в штатное расписание, то есть добавится новая должность менеджера по работе среди малого и среднего предпринимательства. В его обязанности будет входить полный контроль за процессом представления новой услуги. Если произойдет так, что дорога отправления будет отличаться от дороги, к которой прикреплен центр продажи услуг (ЦПУ), то ответственному за сервис МСП необходимо в течение одного рабочего дня направить обращение к региональному исполнителю дороги погрузки. Сразу после получения сообщения он выполняет обработку запроса и оформляет заказ. Форма заказа представлена на рисунке 3.

Форма для заполнения при перевозке груза в контейнерах	
Наименование Клиента, код ОКПО/ИНН	
Грузоотправитель, код ОКПО/ИНН	
Телефон, e-mail грузоотправителя, ответственное лицо	
ЕЛС плательщика	
Планируемый период оказания Комплекса услуг	
Адрес приема груза	
Адрес доставки груза	
Грузополучатель, код ОКПО/ИНН	
Телефон, e-mail грузополучателя, ответственное лицо	
Информация о грузе:	
Наименование, код груза	
Общая масса груза (кг)	
Объем (м³) или габариты (длина/ширина/высота)	
Необходимость погрузо-разгрузочных работ при приеме груза	
Дополнительная информация	

Рис. 3. Форма заказа

Далее региональный исполнитель, действуя в соответствии с полученным заказом, запрашивает информацию о возможности представления и стоимости комплекса услуг у организатора контейнерных поездов на дороге отправления в необходимом направлении, не раскрывая при этом данные клиента.

Общая стоимость услуг формируется из суммы цен всех услуг, указанных в согласованном заказе.

Преимущества предлагаемого нового сервиса для всех участников реализации услуги перечислены далее:

- для ОАО «РЖД»: привлечение грузов с автомобильного транспорта, дополнительные доходы от агентской схемы и эффективное использование пропускных способностей;
- для терминалов: сокращение штрафных санкций за неполный контейнерный поезд и исключение потери «05» тарифной отметки;
- для клиентов: исключение расходов на экспедитора и высокая скорость доставки грузов в составе контейнерного поезда.

Для реализации данного предложения потребует следующих капитальных вложений:

- изменение штатного расписания (ввод сотрудника–оператора, отвечающего за данную услугу – 1 человек с заработной платой 55 000 руб. в месяц, итого 660 000 руб. в год) [5];
- подготовка и проведение рекламных мероприятий – 2 000 000 руб.;
- разработка электронного табло на сайте «Грузовые перевозки» (cargo.rzd.ru) – 10 млн руб.

Таким образом, общая сумма капитальных вложений составит 12 660 000 руб. в год.

Проведя анализ существующих в настоящее время перевозок грузов автомобильным типом транспорта по предварительно заданному направлению и анализ потребностей малых и средних предприятий, которые до введения нового сервиса не имели возможности воспользоваться услугами железнодорожного транспорта из-за недостаточных объемов грузов, прогнозируется потенциальный доход в размере 82,9 млн руб. А срок окупаемости составит всего 0,2 года. Данные для расчёта были представлены подразделением «Мой бизнес».

Заключение. Для привлечения дополнительной грузовой базы для ОАО «РЖД» и обеспечения высокой скорости доставки продукции для предприятий малого и среднего бизнеса (клиентов) разработан сервис по бронированию мест в контейнерных поездах. Этот сервис является экономически целесообразным, способен приносить ежегодный доход и обладает коротким сроком окупаемости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Государственный стандарт РФ ГОСТ Р 52202–99 «Контейнеры грузовые. Термины и определения» (Принят и введен в действие постановлением Госстандарта РФ от 19 января 2004 г. №18–ст).
- 2 Официальный сайт ОАО «РЖД». Куйбышевская ЖД. [Электронный ресурс]. URL: <https://kbsh.rzd.ru/ru/3394/page/2452802?id=309931> (дата обращения: 05.01.2025).
- 3 Росстат. Официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gks.ru> (дата обращения: 06.04.2025).
- 4 Официальный сайт ОАО «РЖД». Грузовые перевозки. [Электронный ресурс]. URL: <https://cargo.rzd.ru/> (дата обращения: 10.04.2025).
- 5 Организация, нормирование и оплата труда: учебное пособие/ сост. А.Ф. Поличевская [и др.]. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2019 – 184 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

О. Д. Киреева¹, Н. Н. Мазько²

Введение. Для предотвращения несанкционированного движения поездов на станционных путях необходимо надежно фиксировать подвижной состав во время стоянки, в связи с этим используются традиционные или современные методы закрепления, например тормозной башмак, ручной упор и упор стационарного типа зарекомендовали себя как эффективные на долгие годы и до сих пор применяются на станциях. Однако, с развитием технологий появляются новые средства для закрепления подвижного состава, которые могут значительно повысить уровень безопасности движения.

Переход к более современным методам закрепления подвижного состава становится необходимым шагом в условиях быстро меняющегося мира технологий. Интеграция умных систем, использующих данные о состоянии подвижного состава в реальном времени, может значительно улучшить процессы управления и контроля. Такие системы могут автоматически регулировать уровень закрепления в зависимости от условий окружающей среды, состояния дороги и других факторов.

В данной статье проведен анализ современных технических средств для закрепления подвижного состава, используемых на железнодорожных станциях.

Основная часть. Наиболее популярным и востребованным средством для закрепления подвижного состава является ручной тормозной башмак, он с момента появления и по сей день является незаменимым в области закрепления и замедления на железнодорожных станциях, а также, достаточно устаревшим. Это не исключает его использование, однако, можно выделить существенные минусы: он требует значительных трудозатрат при установке и не гарантирует надежного закрепления вагонов. Уступая по распространенности тормозным башмакам, упор УЗ–220 тем не менее находит своё применение. Основные сферы его использования включают тупиковые пути, грузовые дворы, депо и иные участки, где требуется длительная фиксация вагонов или отцепов, независимо от температурных условий на сети железных дорог [1].

Для обеспечения безопасности на станционных путях (исключая главные) различных парков используются стационарные тормозные упоры УТС–380, обеспечивающие механизированную фиксацию подвижного состава на станционных путях различных парков. Управление осуществляется сигнальником по указанию ДСП с местного пульта управления или кнопочным коммутатором [1]. Эксплуатация данного устройства выявила такие недостатки, как повреждение колёс и тормозных элементов упора, риск замыкания при попадании снега или камней, отсутствие возможности установки в кривых радиусом менее 400 м и необходимость дополнительного крепления ручными башмаками в плохую погоду. В связи с этим, УТС–380 постепенно заменяют более современными аналогами для фиксации подвижного состава. Например, применяемое устройство УЗС–86 монтируют со стороны высшей точки уклона, где оно контактирует с колёсами последнего вагона. Однако при поломке сцепного устройства одного из вагонов существует риск самопроизвольного перемещения части вагонов под уклон [2]. Указанные причины обуславливают предложение о замене УЗС–86 комплексом КТС АЗС. В новой системе проблема решена за счет воздействия тормозного элемента на колеса первого и второго вагонов с нижней точки уклона [2]. Предназначение данного комплекса – точная остановка и фиксация поездов на станционных путях. Оборудование размещается на каждом приеме – отправочном пути (за исключением главных и путей безостановочного пропуска поездов), обеспечивая надежное удержание составов массой от 5 до 10 тысяч тонн. Внедрение этой системы делает излишним применение тормозных башмаков.

¹ Киреева Ольга Дмитриевна – студент группы ЭЖД-22, ИУЭ

² Мазько Наталья Николаевна – заведующий кафедрой «Технологии грузовой и коммерческой работы, станции и узлы»

Современные системы защиты от самопроизвольного выхода подвижного состава на главные пути включают в себя управляемые на расстоянии балочные заграждающие устройства. Основные модели – БЗУ–ДУ и специализированный вариант БЗУ–ДУ–СП2К для сортировочных парков. Данные конструкции служат для остановки и фиксации отцепов, исключая их несанкционированный выход за пределы полезной длины сортировочных и других путей [4]. По сравнению с БЗУ–ДУ, версия СП2К обладает улучшенными характеристиками: установка производится на ж/б шпалы, а встроенная система воздушной очистки от снега функционирует как в автоматическом, так и в ручном режиме.

Устройство ЗУБР разработано для участков, где не возникает опасность выдавливания легких вагонов при закреплении. Его конструктивные особенности включают усиленное торможение и габарит устройства, позволяющий пропускать магистральные локомотивы. В открытом состоянии рабочие элементы устройства не создают препятствий для движения колесных пар [7].

Современным решением в сфере фиксации подвижного состава, внедренным на железнодорожной сети, является домкратное закрепляющее устройство – точечный замедлитель модели ТКГ16. Данные устройства предназначены для механизированного торможения движущихся отцепов. Основная сфера применения вагонных замедлителей – пути сортировочного парка и наклонные подъездные пути промышленных предприятий [3]. Точечные замедлители ТКГ16 обеспечивают надёжную фиксацию составов на стоянке, а при групповой установке способны полностью останавливать движущиеся вагоны (до 0 км/ч). В отличие от стандартных балочных замедлителей, их можно монтировать даже на кривых участках пути.

Далее идет заграждающее и закрепляющее устройство УВУ, созданное для блокировки возможного выхода составов с приемо – отправочных на главные пути. Ключевым требованием при проектировании была автономность работы без внешних источников энергии. Разработчики применили оригинальное решение – использование веса вагонов как постоянного источника блокирующего усилия. Полученное устройство работает по тому же весовому принципу, что и замедлитель КВ, широко применяемый на сортировочных горках. [6].

Среди зарубежных разработок следует отметить американский стационарный упор «Iron Python», предназначенный для фиксации подвижного состава. По принципу действия он аналогичен российскому УТС–380, но имеет усовершенствованную конструкцию. Гидравлический демпфер в его составе выполняет две важные функции: защищает устройство от повреждений и предотвращает перекатывание колес при маневрах, а также смягчает ударное воздействие при контакте колес с упором [5].

Заключение. Современные технические средства для закрепления подвижного состава продолжают развиваться, предлагая железнодорожной отрасли более эффективные, автоматизированные и безопасные решения. Несмотря на то, что традиционные методы, такие как тормозные башмаки и ручные упоры, остаются в эксплуатации, их недостатки стимулируют внедрение более современных технологий. Интеллектуальные системы, автоматизированные механизмы и дистанционное управление позволяют не только повысить безопасность, минимизировать человеческий фактор, но и оптимизировать процессы движения на железнодорожных станциях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кобзев В.А., Старшов И.П., Сычев Е.И. Повышение безопасности работы железнодорожных станций на основе совершенствования и развития станционной техники / под ред. В.А. Кобзаев. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. 264 с.
- 2 Ляной В.В., Соловьев А.Л., Сычев С.В. КТС АЗС. Новое слово в закреплении составов // Железнодорожный транспорт. 2020. № 11. С. 64–65.
- 3 Саъдуллаев Б.А. Тормозное устройство сортировочной станции // Моя профессиональная карьера. 2020. № 15. С. 98–101.
- 4 Пожидаев С.А., Азявчиков Н. А. Энергоэффективные конструкции и проектные решения при развитии сортировочных станций // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2016. № 2 (33). С. 45–49.
- 5 Пасичный А.Н. Обзор современных технических средств для закрепления подвижного состава на станционных путях // Труды рязовского государственного университета путей сообщения. 2013. С. 80–85.

- 6 Борейко С.А. Автоматизация закрепления составов // Материалы XI международной научно-практической конференции. В 2 частях. Том Часть 1. Гомель, 2021. С. 8–9.
- 7 Нечаева Я.А., Мазько Н. Н. К вопросу обеспечения безопасности нахождения подвижного состава на станционных путях // Материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию Белорусской железной дороги. В 2-х частях. Том Часть 1. Гомель, 2022. С 361–363.

ИННОВАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК

М. И. Луцкая¹, Н. Н. Мазько²

Введение. Сортировочные станции выполняют функцию распределения вагонопотоков по направлениям, формируя грузовые поезда в соответствии с планом формирования. Роль сортировочных станций в оптимизации грузопотоков, сокращении времени доставки грузов и повышении пропускной и перерабатывающей способности трудно переоценить.

В нынешней экономической обстановке и с учетом повышения требований к качеству транспортных услуг, железнодорожной отрасли необходимо поддерживать и улучшать основную инфраструктуру станций. К основным проблемам сортировочных станций можно отнести: износ инфраструктуры, который в настоящее время составляет порядка 46 %, недостаточная автоматизация процессов, нехватка квалифицированных кадров и необходимость внедрения новых технических средств, современных автоматизированных систем управления и логистических технологий.

Основная часть. На станциях для выполнения сортировочной работы применяется специализированное оборудование, которое минимизируют временные затраты, связанные с расформированием составов, обеспечивают максимальную пропускную способность станций, а кроме того, позволяют автоматизировать все операции, связанные с роспуском составов. Сортировочные горки представляют собой одни из самых технически сложных элементов железнодорожной станции. Обусловлено это множеством технологических операций, особенностями распределения и управления движением при скатывании вагонов с горки.

С целью автоматизации роспуска составов на сортировочных горках находят применение различные автоматизированные системы. Одной из таких систем является комплексная система автоматизации управления сортировочным процессом (КСАУ СП) [1]. В настоящее время порядка 20 станций оборудованы инновационной комплексной системой, обладающей широким набором функциональных возможностей. Она находит свое применение на сортировочных станциях для автоматического управления разделением составов на сортировочных горках различной мощности. Кроме того, такая система может функционировать как самостоятельно, так и в сочетании с другими автоматизированными системами управления сортировочной станцией.

В структуру КСАУ СП включены следующие компоненты и подсистемы, обеспечивающие автоматизацию горочных процессов:

- микропроцессорная горочная автоматическая централизация (ГАЦ–МП). Отвечает за управление маршрутами вагонов при расформировании составов, мониторинг накопления вагонов и маневровых передвижений, а кроме того, согласование с АСУ–СС и ГАЛС–Р (по техническим условиям);

- автоматизированная система диагностирования и контроля устройств сигнализации, централизации и блокировки (АДК–СЦБ);

¹ Луцкая Мария Игоревна – студент группы ЭЖД-12, ИУЭ

² Мазько Наталья Николаевна – заведующий кафедрой «Технологии грузовой и коммерческой работы, станции и узлы»

- СКДТ контролирует и диагностирует работу устройств регулирования скорости скатывания отцепов и технологические операции управления на тормозных позициях;
- КСАУ–КС, автоматизирующая операции по управлению компрессорными установками, используемыми для генерации сжатого воздуха. Кроме этого, она гарантирует постоянный автоматизированный мониторинг и выявление возможных неисправностей в работе компрессоров;
- АРС–УУПТ – подсистема, обеспечивающая автоматизированное регулирование скорости скатывания отцепов и управление прицельным торможением;
- тормозные устройства (вагонные замедлители).

Внедрение КСАУ СП способствует повышению эффективности работы сортировочных станций, поскольку происходит оптимизация штата сотрудников, в частности, сокращается число операторов, непосредственно участвующих в процедуре расформирования составов. В результате, общее качество функционирования сортировочного комплекса заметно возрастает.

Еще одним из новшеств применяемых на сортировочных станциях является робототехнический комплекс для расцепки вагонов под названием «Горан» [2]. В процессе испытаний, в диапазоне скоростей 3–10 км/ч робот–расцепщик продемонстрировал успешную адаптацию своей скорости к скорости устройству для автоматического сцепления единиц железнодорожного подвижного состава, оставаясь в оптимальной позиции для реализации процесса отсоединения вагонов посредством использования манипуляторного устройства. Также оценивалась эффективность модуля безопасности, предназначенного для обнаружения и предотвращения столкновений с препятствиями. Помимо этого, проводилось тестирование манипулятора, осуществляющего воздействие на механизм расцепления. В ходе выполнения операций устройство осуществляет вращение валика подъемного механизма до момента визуального обнаружения сигнального элемента замка автосцепки, что представляет собой решающее значение для обеспечения надежного разъединения вагонов.

Внедрение такой инновационной технологии запланировано на конец 2025 года. Предполагается, что это приведет к существенному улучшению производительности и повышению уровня безопасности при осуществлении железнодорожных перевозок. Будущая интеграция робототехнического комплекса «Горан» обеспечит всецело автоматизированный процесс сортировки вагонов, поступающих с сортировочной горки.

Одним из перспективных направлений развития железнодорожной отрасли является интеграция автономных систем, в особенности, разработка и внедрение беспилотных маневровых локомотивов (БМЛ). Хотя автоматизированное управление поездами уже реализовано на практике, оно ограничивается простыми задачами, такими как движение по заданному маршруту с соблюдением скоростного режима и своевременной остановкой. БМЛ же, напротив, представляют собой более сложную технологию, поскольку они предназначены для выполнения маневровых работ, включая перемещение вагонов, сцепку и расцепку вагонов. Выполнение этих элементарных операций в совокупности формирует сложный и точно определенный порядок действий, требующий высокого уровня автоматизации и контроля [3].

В Российской Федерации решение подобной сложной задачи возложено на квалифицированных экспертов, работающих в Акционерном обществе «Научно-исследовательский институт автоматизированных систем». На станции Лужская была проведена апробация системы автоматического управления локомотивом, функционирующей без участия машиниста. Данное мероприятие представляло собой проверку работоспособности и эффективности инновационной технологии в условиях реальной эксплуатации. Целью испытаний являлась оценка возможности внедрения подобных систем для повышения производительности и безопасности перевозок на железнодорожном транспорте. В основе этой технологии управления лежит система МАЛС БМ, которая была интегрирована в стандартные тепловозы серии ТЭМ7А. Функционирование данной системы базируется на принципах радиоуправления, обеспечивающего передачу команд на исполнительные механизмы локомотива, что, в свою очередь, приводит его к перемещению.

Автоматизированный горочный локомотив функционирует согласно общепринятой схеме маневровых работ: заезжает под состав, надвигает его на сортировочную горку, где осуществляется расцепка вагонов. Управление скоростями, тяговыми усилиями и остановками при данных операциях обеспечивается специализированными управляющими системами, которыми оборудован данный локомотив. Эти системы позволяют оптимизировать ро-спуска вагонов и повысить эффективность работы сортировочной станции в целом [3]. В перспективе предполагается расширение функциональности и дальнейшее совершенствование данной технологии.

Закключение. Внедрение инновационных средств механизации и автоматизации на сортировочных горках приводит к повышению эффективности функционирования железнодорожного транспорта. Рассмотренные в данной статье технологии, такие как КСАУ СП, робототехнический комплекс для расцепки вагонов «Горан», беспилотные маневровые локомотивы позволяют существенно увеличить пропускную способность станций, снизить эксплуатационные расходы и повысить безопасность движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Система управления сортировочным процессом КСАУ СП. URL: <https://niias.ru/products-and-services/products/infrastrukturnye-kompleksy/kompleksnaya-sistema-avtomatizatsii-upravleniya-sortirovochnym-protsessom/> (дата обращения 25.03.2025)
- 2 Робот-расцепщик «Горан» успешно прошел первые испытания на железной дороге – Ространснадзор. URL: <https://rostransnadzor.gov.ru/news/13981> (дата обращения 01.04.2025)
- 3 Абрамова О. Техника маневрирования. Как работает локомотив-беспилотник на станции Лужская / Газета «Гудок». Выпуск от 13.07.2021. URL: <https://gudok.ru/content/mechengineering/1571805/> (дата обращения 29.03.2025)

СЕКЦИЯ 2

Подвижной состав железных дорог, муниципальный пассажирский транспорт и транспортная техника

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЗАПУСКОМ И ОСТАНОВКОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ТЕПЛОВОЗА В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

Д. С. Абуняев¹, А. А. Свечников²

Введение. Железнодорожный транспорт играет ключевую роль в обеспечении экономической стабильности и мобильности больших территорий, особенно в условиях сурового климата. Зимние месяцы предъявляют к работе локомотивов особые требования: низкие температуры влияют на все системы тепловоза, начиная от дизельного двигателя и заканчивая тормозной аппаратурой. В этих условиях важнейшей задачей становится организация правильного и своевременного прогрева локомотива.

Особую угрозу представляет промерзание охлаждающей жидкости в системе двигателя. Поскольку в качестве теплоносителя чаще всего используется вода или водно–антифризные смеси, существует реальный риск разрушения трубопроводов, радиаторов и самого двигателя при замерзании жидкости. Прогрев силовой установки позволяет предотвратить не только механические повреждения, но и обеспечивает оптимальные условия для запуска дизеля, значительно снижая нагрузку на аккумуляторные батареи и стартерный механизм.

На протяжении десятилетий различные способы прогрева локомотивов постоянно совершенствовались. Одними из первых решений стали непрерывная работа двигателя на холостом ходу и ручной запуск с последующим прогревом силовой установки в течение длительного времени. Однако подобные методы оказывались крайне неэффективными: потребление топлива возрастало в разы, а экологический ущерб из-за выбросов углеводородов и сажи становился всё более ощутимым.

Со временем появились автоматические системы запуска и остановки дизелей (СА-ЗДТ), которые уже учитывали основные параметры окружающей среды и состояния оборудования. Они стали значительным шагом вперёд, позволив сократить расходы топлива и упростить обслуживание техники. Но и эти системы имели свои ограничения: чувствительность к разряду аккумуляторов, отсутствие гибкости в принятии решений и вероятность отказов при нестандартных ситуациях снижали их эффективность.

Сегодня, с развитием технологий обработки данных и искусственного интеллекта, открываются новые горизонты для повышения надёжности прогрева локомотивов. Интеллектуальные системы, способные анализировать множество параметров в реальном времени, не только обеспечивают более точное управление процессом прогрева, но и позволяют предсказывать потенциальные сбои, минимизируя человеческий фактор. В конечном счёте это ведёт к снижению эксплуатационных затрат, увеличению срока службы оборудования и повышению общей безопасности железнодорожных перевозок.

Таким образом, грамотная организация прогрева тепловозов – это не только вопрос комфортной работы зимой, но и серьёзная техническая необходимость, от которой напрямую зависит исправность локомотивного парка и экономическая эффективность предприятий железнодорожной отрасли [1–5].

Основная часть. Одним из ключевых направлений повышения эффективности работы локомотивов в зимний период становится внедрение интеллектуальных систем управления

¹Абуняев Дмитрий Сергеевич – аспирант,

²Свечников Александр Александрович – к.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»

процессами прогрева и запуска силовых установок. Решение этой задачи требует комплексного подхода: от глубокого понимания физических процессов теплообмена до применения современных технологий обработки данных.

На сегодняшний день наиболее перспективным является использование цифровых моделей, способных оперативно реагировать на изменения внешней среды и внутреннего состояния локомотива. В качестве основы предлагается разработка нейросетевой системы, которая сможет в реальном времени анализировать широкий спектр параметров: температуру охлаждающей жидкости и масла, степень заряда аккумуляторов, текущие погодные условия и прогноз их изменения.

Традиционные подходы к запуску дизельных двигателей строились на фиксированных алгоритмах: если температура падала ниже определённого порога, система инициировала запуск двигателя. Однако подобные методы не учитывали множество факторов, например, инерцию нагрева системы или риск чрезмерного разряда батарей при слишком частых включениях. Как результат – повышенный износ компонентов, перерасход топлива и увеличение вредных выбросов.

Интеллектуальная система, основанная на нейросетевых технологиях, обладает принципиальными преимуществами. Она способна не только фиксировать факт снижения температуры, но и прогнозировать дальнейшее развитие ситуации, принимая упреждающие меры. Вместо шаблонной команды «включить двигатель», система оценивает текущую тенденцию изменения температуры и принимает решение о запуске только в случае реальной необходимости.



Рис. 1. Принцип работы системы автоматического запуска тепловоза

Разработка математической модели для такой системы базируется на анализе процессов теплообмена между различными узлами тепловоза и окружающей средой. При этом используется аппроксимация температуры в виде функции экспоненциального затухания, что позволяет с высокой точностью описать как процессы охлаждения, так и нагрева элементов силовой установки. Модель учитывает начальное тепловое состояние системы, динамику потерь тепла и эффективность прогрева при работе двигателя.

Важным компонентом интеллектуальной системы становится модуль машинного обучения, который накапливает опыт работы в различных условиях эксплуатации. С течением времени алгоритмы становятся всё более точными, уменьшая число лишних запусков и оптимизируя расход топлива. Кроме того, предусмотрена интеграция блока

диагностики, анализирующего техническое состояние ключевых агрегатов. Это позволяет своевременно выявлять отклонения и предотвращать развитие серьёзных неисправностей.

Экономический эффект от внедрения подобной технологии очевиден. По предварительным расчётам, внедрение интеллектуальной системы позволяет ежегодно экономить свыше 3 миллионов рублей на одном локомотивном депо. Снижается потребление топлива, уменьшается нагрузка на аккумуляторы, продлевается срок службы двигателя, а затраты на внеплановый ремонт существенно сокращаются. Срок окупаемости проекта, по оценкам, составляет менее одного года, что делает его крайне привлекательным для предприятий железнодорожной отрасли [6–7].

Заключение. Таким образом, внедрение искусственного интеллекта в системы автоматического управления прогревом тепловозов является перспективным направлением развития железнодорожной отрасли, обеспечивая повышение надежности локомотивного парка и существенное снижение эксплуатационных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Белоглазов А.К. Влияние температуры окружающей среды на работу системы охлаждения тепловоза и его агрегатов // Известия Транссиба. 2015. № 4. С. 11–17.
- 2 Балабин В.Н. О повышении эффективности прогрева двигателей тепловозов // Железнодорожный транспорт. 2022. № 11. С. 31–35.
- 3 Овчаренко С.М. Перспективы развития технологий прогрева тепловозов в зимний период // Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте. Омск: ОмГУПС, 2021. С. 77–82.
- 4 Абрамов О.В. Система автоматического запуска и остановки дизеля для тепловозов // Локомотив. 2017. № 2. С. 34–35.
- 5 Харькин А.С. Интеллектуальные системы управления в железнодорожной отрасли // Труды студенческой научно-практической конференции РГУПС. Воронеж: РГУПС, 2022. С. 50–55.
- 6 Абуняев Д.С., Свечников А.А. Интеллектуальная система прогрева маневровых тепловозов // Приволжский государственный университет путей сообщения, Самара, 2024.
- 7 Бойков В.В. Математическое моделирование процессов теплообмена в транспортных системах // Вестник транспортного машиностроения. 2020. № 3. С. 22–29.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПРОЦЕСС ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДА

А. Е. Букарова¹, В. В. Ляшенко²

Введение. Железнодорожный транспорт один из основных видов транспорта в России. В связи с этим организация его движения является серьезной научно-прикладной задачей. Для ее решения все необходимые знания скомпонованы в направлении теории движения поезда. Данное научно-прикладное направление направлено на изучение образования силы тяги, а также процессов движения поезда [1,2].

Содержание статьи. Основопологающим в изучении процессов движения поезда является физическая природа возникновения силы тяги. Механизм образования силы тяги при взаимодействии системы «колесо–рельс» показан на рис. 1. Он позволяет достаточно подробно изучить природу рассматриваемого [3, 4].

Для более подробного изучения процесса движения поезда принято разделять движение поезда на несколько режимов, которые принципиально различаются в зависимости от действующих сил.

Эти процессы с аккумулярованы в трех основных режимах движения поезда, поэтому прямо рассматривать режимы движения поезда, такие как режим тяги, режим выбега и режим торможения.

Рассмотрим более подробно вышеуказанные режимы.

¹ Букарова Арина Евгеньевна – студент группы ЭЖД-33, ИУЭ

² Ляшенко Виктория Владимировна – к.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»

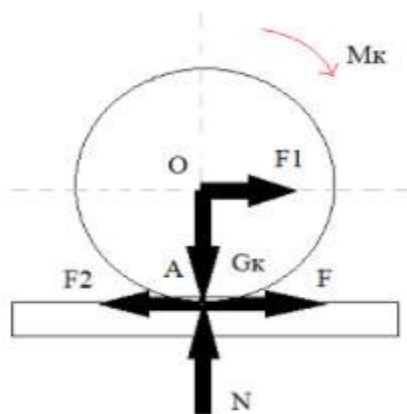


Рис. 1. Образование силы тяги на колесе

Основной режим движения поезда – в режиме тяги, при котором реализуется силы сопротивления и тяги. При данном режиме движение поезда является равномерным, без ускорения.

Следующий режим – режим выбега, при котором силы тяги и силы торможения отсутствуют, основная сила, действующая на состав, является сила сопротивления движению.

Третий режим называется режим торможения, при котором состав принудительно уменьшает скорость. В этом случае добавляется к силе сопротивления сила торможения или тормозная сила. При этом движение состава становится равнозамедленным.

На рис. 2 наглядно видно, как реализуются различные режимы в процессе движения поезда. Первым этапом является пуск, после чего разгон, а далее равномерное движение. Все это происходит в режиме тяги. Из графика видно, что в процессе пуска происходит резкий рост скорости за короткий отрезок времени, далее набор скорости происходит намного плавнее, т. е. режим разгона. Далее режим движения устанавливается и осуществляется без ускорения, в этот момент движение осуществляется за счет запаса кинетической энергии. После чего за счет сил сопротивления движению идет постепенно снижение скорости, кроме того, машинист может принудительно снижать скорость, т. е. реализуется режим торможения [5].

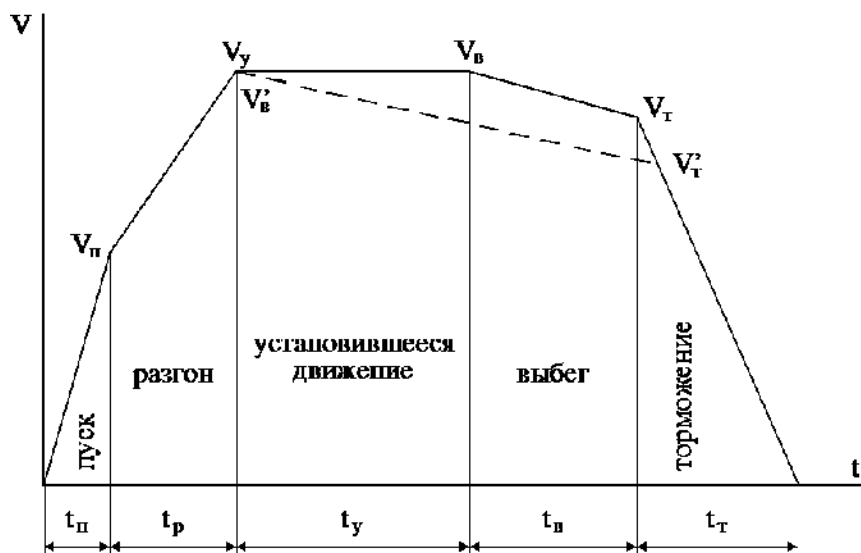


Рис. 2. Основные режимы движения поезда

Существует еще один режим движения поезда – маневровый. Это режим, при котором поезд движется с малой скоростью для безопасного обеспечения маневров.

На реализацию режимов движения поезда значительное влияние оказывает профиль пути. Профиль пути может иметь разный рельеф: склоны, подъёмы, изгибы и т.д.

Соответственно выбираемый режим движения поезда должен учитывать профиль пути и быть оптимальным с точки зрения безопасности и эффективном расходовании топливно–энергетических ресурсов на тягу поездов [6].

Заключение. В рамках данного исследования были рассмотрены существующие режимы движения, а также силы, действующие на поезд в процессе движения. Был рассмотрен конкретный пример движения поезда и его визуализации с помощью зависимости скорости состава от времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Андреева, Е. А. Анализ показателей эффективного использования тягового железнодорожного подвижного состава в процессе движения поезда / Е. А. Андреева, В. В. Ляшенко // Дни студенческой науки : Сборник материалов 51-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 06–26 апреля 2024 года. Самара: СамГУПС, 2024. С. 47–49.
- 2 Муратов, А. В. Новые энергосберегающие технологии в локомотивном хозяйстве / А. В. Муратов, С. А. Петухов // Наука и образование транспорту. 2011. № 1. С. 102–104.
- 3 Гурин, И. С. Повышение эффективности провозной способности за счёт управления режимами движения / И. С. Гурин, В. В. Ляшенко // Дни студенческой науки: сборник материалов 50-й научной конференции обучающихся СамГУПС, посвященной 50-летию СамГУПС, Самара, 04–28 апреля 2023 года. Том 1. Выпуск 24. Самара: СамГУПС, 2023. С. 93–94. EDN CUQKUZ.
- 4 Ляшенко, В. В. К вопросу выбора экономичных режимов вождения поездов / В. В. Ляшенко // Наука и образование транспорту. 2020. № 1. С. 72–74.
- 5 Черемисин, В. Т. Повышение энергетической эффективности перевозочного процесса на основе изменения параметров графика движения поездов / В. Т. Черемисин, В. Л. Незевак, А. П. Шатохин. Омск: ОмГУПС, 2019. 250 с. ISBN 978–5–94941–220–6.
- 6 Железнов, Д. В. Проблемы и перспективы перевода тягового подвижного состава железных дорог на газомоторное топливо / Д. В. Железнов, В. В. Ляшенко, А. В. Муратов // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 1 (55). С. 16–19.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ НА ТЯГОВОМ ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ ПОЛИГОНА ГОРЬКОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В. А. Ваулин¹, А. В. Муратов²

Введение. Каждый год на сети железных дорог Российской Федерации происходят тысячи инцидентов, нанося огромный экономический, социальный и экологический ущерб [1].

На работниках локомотивных бригад лежит огромная ответственность, именно они в большинстве случаев должны заметить препятствие и своевременно принять меры для недопущения аварийной ситуации. Согласно статистике, около 78 % всех происшествий происходит из-за так называемого человеческого фактора, таких как: невнимательность, усталость, необходимость одновременного контроля за параметрами движения поезда и наблюдением за свободностью пути. Внедрение современных систем с использованием технологии компьютерного зрения может существенно снизить вероятность аварийной ситуации по вине человеческого фактора [2, 3].

Основная часть. Одной из таких систем может стать система помощи в ведении поезда основанная на технологии компьютерного зрения.

Компьютерное зрение – это одна из областей искусственного интеллекта, которая создает программы и системы, позволяющие компьютерам автоматически анализировать и понимать визуальную информацию [4, 5].

¹Ваулин Владислав Алексеевич – студент группы ПСЖД-01, ИТСПС

²Муратов Алексей Владимирович – заведующий кафедрой «Тяговый подвижной состав»

Система помощи в ведении поезда будет анализировать данные, получаемые с камер, и после их интерпретации сможет заблаговременно предупредить работников локомотивной бригады о препятствиях на пути движения поезда и в крайних случаях принимать решение о самостоятельном реагировании.

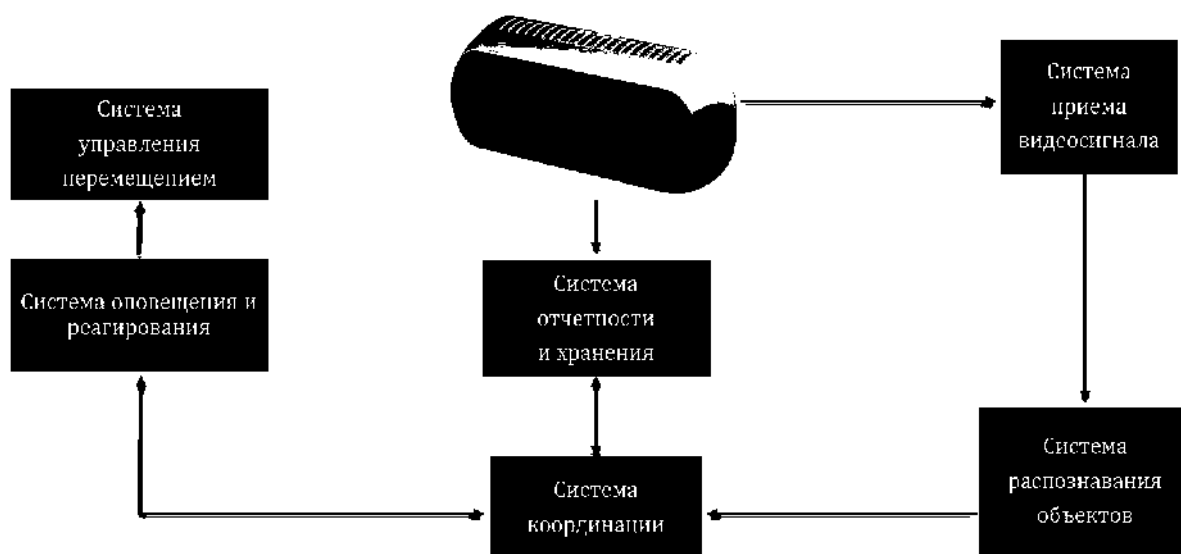


Рис. Структурная схема системы обнаружения препятствий на пути следования

Система будет работать на основе многоуровневого анализа видеопотока, которое достигается использованием метода машинного обучения на базе нейронных сетей. Особенностью такой архитектуры является надежная и быстрая обработка данных в различных эксплуатационных условиях. Физически система будет состоять из блока камер, сигнал с которых будет направляться в блок распознавания объектов и в систему отчетности и хранения информации, которая необходима для дальнейшего анализа работы системы и анализа и исправлении ошибок, возникающих в работе, далее обработанная информация поступает в систему оповещения и реагирования, которая передает сигнал системе управления перемещением, выводит информацию на экран машиниста, управляет голосовыми оповещениями и при отсутствии реакции машиниста может повлиять на параметры движения поезда. Все элементы системы за исключением камер возможно исполнить в одном блоке.

Преимущества системы:

- Время обработки и реакции около 0,1 секунды;
- Работа системы не зависит от внешних отвлекающих факторов;
- Дальность обнаружения препятствий в зависимости от погодных условий в среднем около 500 метров, что сильно больше, чем у среднестатистического человека;
- Совместимость с существующей инфраструктурой;
- Минимальные требования к модернизации позволяют установить систему на большинство существующих локомотивов.

Заключение. Внедрение системы обнаружения препятствий представляет собой качественный скачок в обеспечении безопасности на железных дорогах, защищая жизни пассажиров и обеспечивая сохранность грузов. Экономическая эффективность оправдывается возможным уменьшением количества аварий. Внедрение системы может стать первым шагом к полностью беспилотным локомотивам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Lyashenko, V. V. Loss Reduction in Tooling Service of Locomotive Repair Depot / V. V. Lyashenko, A. V. Muratov, D. D. Lyashenko // Proceedings of the 10th International Conference on Industrial Engineering, Sochi,

- Russian Federation, 19–24 мая 2024 года. Sochi, Russian Federation: SPRINGER, 2024. P. 502–510. EDN YOHRYA. Муратов, А. В. Новые энергосберегающие технологии в локомотивном хозяйстве / А. В. Муратов, С. А. Петухов // Наука и образование транспорту. 2011. № 1. С. 102–104. EDN PFHXJF.
- 2 Муратов, А. В. К вопросу использования беспилотных летательных аппаратов для организации обслуживания тепловозов / А. В. Муратов, В. А. Ваулин // Наука и образование транспорту. 2024. № 1. С. 48–50. EDN PUOOED.
 - 3 Бабина О. И. Разработка оптимизационной имитационной модели для поддержки процессов планирования складских систем, Компьютерные исследования и моделирование, 2014, том 6, выпуск 2, 295–307.
 - 4 Кокурин И. М. Теоретические и технологические основы построения адаптивной системы диспетчерской централизации / И. М. Кокурин // Автоматика на транспорте. 2017. Т. 3. № 3. С. 345–354.
 - 5 Компьютерное зрение и искусственный интеллект: современные мифы и перспективы применения. [Электронный ресурс]. URL: <https://integral-russia.ru/2019/06/28/kompyuternoe-zrenie-i-iskusstvennyj-intellekt-sovremennye-mify-i-perspektivy-primeneniya/>. Доступ 25.02.2025.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ГАБАРИТА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПРИ ВЫНУЖДЕННЫХ ОСТАНОВКАХ НА ПЕРЕГОНЕ

В. А. Ваулин¹, Н. М. Сосевич²

Введение. По данным анализа, в 2024 году произошло множество инцидентов, связанных с нарушением габарита подвижного состава, включая случаи столкновения с платформами и повреждения контактной сети. Основные причины нарушений включают неправильную загрузку вагонов, смещение груза во время движения, износ элементов и как следствие сход с рельс подвижного состава.

При самопроизвольном срабатывании автотормозов и срабатывании устройств контроля схода подвижного состава помощник машиниста обязан осмотреть состав поезда с двух сторон для того чтобы выяснить причины этих событий и убедиться в наличии или отсутствия габарита по смежным путям. При этом до выяснения этих обстоятельств движение на данном участке фактически блокируется по всем путям, до получения информации о наличии габарита по смежным путям [1]. Что в свою очередь приводит к вынужденному простоя других поездов, в том числе поездов твердого расписания. В данном исследовании мы бы хотели рассмотреть целесообразность использования беспилотных летательных аппаратов для проверки габаритов подвижного состава локомотивными бригадами при вынужденной остановке поезда на перегоне.

Основная часть. На сегодняшний день существует множество конструкций беспилотных летательных аппаратов, однако одними из самых распространенных из них являются квадрокоптеры, так как обладают множеством серьезных преимуществ, такими как относительно низкая стоимость, простота управления, возможность нести на себе камеру и давать плавную картинку, которую может воспринять человек, высокая маневренность, стабильность полета и высокая скорость перемещения делают из него отличный инструмент для удаленного контроля объектов и территорий.

Для расчетов мы взяли данные о длине поездов на полигоне одной из железных дорог. Средний универсальный вес поезда 3700 тонн. Поезда движущиеся в четном направлении в основном представляют собой составы с порожними вагонами, имеющие среднюю длину около 400 осей, что составляет около 1400 метров. В нечетном же направлении, в основном, движутся груженные вагоны и имеют длину примерно 200 осей, что составляет около 750 метров. Если предположить, что в обоих направлениях в среднем движется одинаковое количество поездов, то средняя длина поезда составит 1075 метров. По статистике средняя скорость передвижения мужчин в возрасте 20–60 лет 5.5 км/ч [2], скорость среднего

¹Ваулин Владислав Алексеевич – студент группы ПСЖД-01, ИТСПС

²Сосевич Николай Михайлович – старший преподаватель кафедры «Тяговый подвижной состав»

квадрокоптера варьируется от 40 до 72 км/ч. При средней длине поезда 1075 метров время осмотра состава с 2 сторон помощником машиниста составит 25 минут. Тогда как при использовании беспилотного летательного аппарата это время составит не более 5 минут, учитывая время разворачивания и запуска. Это не только сократит время вынужденного простоя на перегоне, но и окажет влияние на безопасность движения, так как появится возможность оперативной оценки обстановки для недопущения дальнейшего развития аварии и оперативной ликвидации ее последствий.

Так же стоит отметить, что осмотр состава напрямую сопряжен с рисками для работника, такими как наезд подвижного состава на человека, падение, химические ожоги при контакте с химикатами и так далее. Использование квадрокоптеров сводит риски получения травм к минимуму, так как исчезает сам фактор нахождения человека на путях.

Выводы. Внедрение системы контроля габарита подвижного состава с использованием квадрокоптеров позволит более оперативно оценить обстановку при вынужденной остановке поезда на перегоне, что сократит время вынужденного простоя поездов на перегоне, позволит более точно оценить обстановку для недопущения развития аварийной ситуации, способствует более оперативной ликвидации последствий аварии, практически полностью исключают риски травм работников локомотивных бригад, связанных с вынужденным нахождением на путях и будет иметь серьезный экономический эффект за счет сокращения времени вынужденного простоя поездов на перегонах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Распоряжение ОАО «РЖД» от 12 декабря 2017 г. N 2580р «О вводе в действие Регламента взаимодействия работников, связанных с движением поездов, с работниками локомотивных бригад при возникновении аварийных и нестандартных ситуаций на путях общего пользования инфраструктуры ОАО «РЖД».
- 2 Скорость движения пешеходов км/ час (по данным Ленинградского НИЛСЭ. 1966 г.).

ИННОВАЦИОННЫЙ РАДИАТОР ТЕПЛОВОЗА

Д. О. Костин¹, А. А. Свечников²

Введение. В эпоху цифровой трансформации железнодорожной отрасли процессы проектирования подвижного состава переходят в цифровую среду. В данной статье рассматривается применение цифрового инжиниринга для повышения эффективности проектирования. Особое внимание уделено перспективам оптимизации деталей локомотивов с использованием CAO-систем. Представлено инновационное решение: разработка секции радиатора теплового с улучшенными теплорассеивающими свойствами, реализованная с помощью цифровой оптимизации и аддитивной печати на SLM принтере.

Железнодорожная отрасль переживает период активной цифровой трансформации, и локомотивный комплекс не является исключением. Проектирование узлов и деталей подвижного состава полностью перешло в цифровую среду, смещая фокус бизнес-процессов передовых производств на процесс проектирования. Ключевым фактором успеха новой высокотехнологичной продукции на мировом рынке становится повышение качества процессов проектирования за счет комплексного применения цифровых технологий, таких как проектирование, инжиниринг и оптимизацию (CAD/CAE/CAO-системы), высокопроизводительные вычислительные системы (HPC), цифровую подготовку производства (CAM), цифровые двойники и аддитивные технологии, а также другие современные инструменты. Компьютерный инжиниринг, в частности, предполагает моделирование и анализ различных процессов (прочностных, аэродинамических и т.д.) с

¹Костин Даниил Олегович – студент группы ПСЖД-35у

²Свечников Александр Александрович – к.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»

использованием САЕ–систем. Современное машиностроительное производство должно стремиться к максимальному использованию возможностей цифровой среды для достижения конкурентного преимущества. Одним из наиболее интересных подходов к проектированию является использование так называемой топологической оптимизации. В контексте машиностроения топологическая оптимизация используется для оптимального распределения материала в области проектирования с целью достижения минимизации веса и максимизации жесткости при заданных нагрузках и ограничениях. В отличие от стандартного проектирования, где форма детали заранее известна, топологическая оптимизация позволяет алгоритму свободно формировать структуру детали и находить наиболее выгодную топологию [1–5].

Основная часть. Существует два основных метода выполнения топологической оптимизации. Первым методом является Метод Конечных Элементов (МКЭ) с Density Method (Метод плотности). Сначала область проектирования разбивается на множество маленьких элементов (конечных элементов), каждому конечному элементу присваивается плотность, представляющая собой долю присутствия материала в данном элементе 0 (нет материала) или 1 (полностью заполнен материалом). Далее итеративно оптимизируется плотность для достижения определенных показателей (жесткость, вес). В результате оптимизации получается структура, напоминающая перфорированный материал или каркасную конструкцию в дальнейшем требующая сглаживания.

Во втором методе граница детали описывается математически как нулевой уровень функции уровня множеств. Вместо работы с плотностью материала в элементах, метод напрямую манипулирует границей детали. Это позволяет получать более гладкие и четкие границы деталей, а также имеет меньшую зависимость от сетки конечных элементов и может хорошо работать с оптимизацией сложных форм и топологий.

Целевая функция определяет ключевой параметр, под который оптимизируется конструкция (например, прочность или аэродинамика). Ограничения же, хотя и ограничивают рост целевой функции, но в то же время обеспечивают сохранение других важных характеристик изделия. Применение компьютеров и цифровых инструментов вывело процесс оптимизации на новый уровень. Современные системы для многокритериальной, многопараметрической, топологической и других видов оптимизации объединены под термином САО–системы (computer–aided optimization). Используя исходный компоновочный объем и матрицу требований, а также CAD/CAE/CAO–системы, получают компьютерную модель изделия. Оптимизационные технологии позволяют добиться более совершенных технических решений по сравнению с традиционным подходом. В результате вычислительных экспериментов и подтверждения соответствия заданным ограничениям создается опытный образец для физических испытаний, которые, как правило, успешно завершаются, обеспечивая готовность изделия к производству.

На рисунке представлен вариант секции радиатора тепловоза с повышенной теплорассеивающей способностью. Такая конструкция секции радиатора получена с помощью технологии компьютерной оптимизации и с учетом ограничений аддитивной печати на SLM принтере.

Конструкция радиатора имеет характерные сложные формы ребер для обеспечения наилучшего отвода тепла за счет больших зон контакта с воздухом. Вытянутая внутренняя поверхность трубок позволяет изготовить на SLM принтере данную деталь без поддерживающих структур.

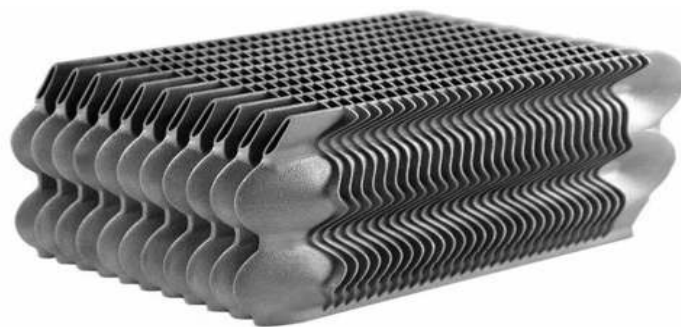


Рис. Вариант секции радиатора, спроектированный по методу топологической оптимизации и изготовленный на SLM-принтере

Заключение. Применение технологии топологической оптимизации с одновременным использованием SLM принтеров позволяет получить следующие эффекты:

- Исключение ошибок, совершенный из-за принятия неверных интуитивных решений.
- Уменьшение количества итераций изменения конструкции.
- Снижение затрат на разработку.
- Получение более выгодной конструкции с точки зрения ее эксплуатационных характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Чаркин Е. И. О реализации стратегии цифровой трансформации ОАО «РЖД» // Железнодорожный транспорт. 2020. № 2. С. 66–70.
- 2 Чикиркин О. В. Цифровая трансформация в локомотивном комплексе // Железнодорожный транспорт. 2020. № 1. С. 72–77.
- 3 Слободенюк А. С. Формирование методики оптимизации параметров секций радиатора тепловоза / А. С. Слободенюк, М. В. Яранцев, В. В. Трофимович // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2022. № 4 (33). С. 53–57.
- 4 Слободенюк А. С. Оптимизация параметров сечения трубок секции радиатора // Вестник института тяги и подвижного состава. 2012. № 8. С. 15–17.
- 5 Григоренко В. Г. Процессы теплопередачи в устройствах тепловозов / В. Г. Григоренко, Я. А. Новачук, А. С. Слободенюк // Мир транспорта. 2010. Т. 8. № 4 (32). С. 18–21.

УЛУЧШЕНИЕ СВЕТОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

И. К. Кулишов¹, А. В. Муратов²

Введение. Обеспечению безопасности железнодорожного транспорта и повышению эффективности его эксплуатации посвящены различные научные и практические исследования [1, 2, 3]. В данной статье рассмотрены недостатки действующих систем освещения пути тяговым подвижным составом, достоинства/недостатки ламп накаливания и светодиодных прожекторов.

Основная часть. К световым приборам тягового подвижного состава относят: буферный фонари – сигнальная часть, прожектор – освещающая часть. На действующих локомотивах и МВПС применяют следующие виды прожекторов, а именно лампы накаливания и светодиодные [4, 5].

Главным критерием все же остается большой световой поток, который влияет на безопасность движения.

¹Кулишов Илья Константинович – студент группы ПСЖД-11, ИТСПС

²Муратов Алексей Владимирович – заведующий кафедрой «Тяговый подвижной состав»

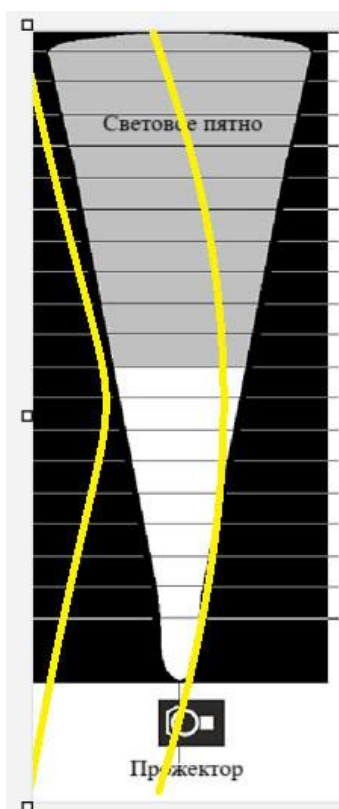


Рис. 1. Световой поток и его траектория при движении в кривом участке пути

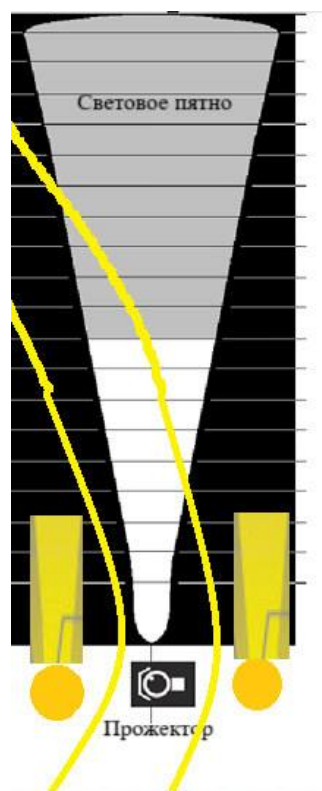


Рис. 2. Первое техническое решение по изменению конструкции осветительных приборов локомотива

Как видно из рис. 1, освещение траектории движения локомотива в кривых участках пути с существующими приборами освещения весьма затруднительно. Так как световой поток распространяется прямолинейно и не успевает за траекторией движения локомотива, то некоторые участки пути остаются не освещенными.

Для решения этой проблемы можно применить несколько технических решений.

Первое решение – одно из самых простых и легко технически применимое. Для освещения слепой зоны предлагаем использовать буферные фонари. На рис. 2 видно, что если в буферные фонари поставить лампы большей мощности, то при прохождении кривой от них световой поток будет закрывать слепую зону. Включать буферные фонари в режим освещения предлагаем на переключатель прожектора, положение «ярко».

Второе техническое решение, которое мы предлагаем, это новая конструкция прожектора, которая будет состоять из трех секций (центральной и двух боковых), иметь обтекаемую выносную форму, обязательный обогрев, специальный пульт управления и датчики наклона. На пульте расположены 4 переключателя (автоматическое управление/ручное, прожектор выкл/тускло/ярко, секция справа выкл/вкл, секция слева выкл/вкл). Автоматическое управление будет осуществляться с помощью датчиков, расположенных на кузове подвижного состава, реагирование на угол наклона будет зависеть от скорости движения. Данная система автоматическая, но при необходимости есть возможность перейти на ручное управление. На рис. 3 представлена схема светового потока предлагаемой модели.

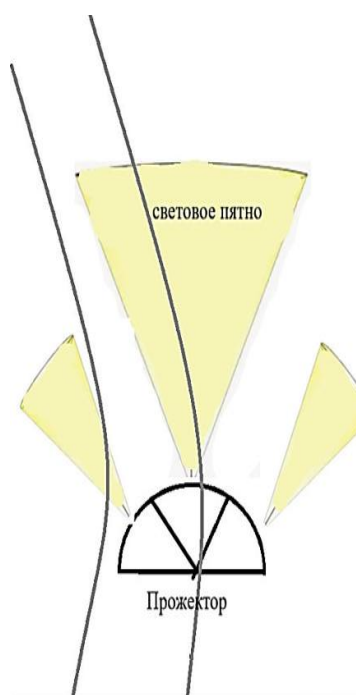


Рис. 3. Новый тип прожектора

Заключение. Таким образом, при применении одного из технических решений проблемы недостаточной освещённости кривых уменьшается вероятность происшествий на железнодорожном транспорте, что приведет к улучшению безопасности движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Мишкин, А. А. Эффективность применения водорода в двигателях внутреннего сгорания / А. А. Мишкин, А. В. Муратов, Д. Я. Носырев // Дни студенческой науки : сборник научных трудов студентов и аспирантов, Самара, 01 января – 31 2006 года. Т. Выпуск 7. Самара: Самарская государственная академия путей сообщения, 2006. С. 55–56.
- 2 Железнов, Д. В. Проблемы и перспективы перевода тягового подвижного состава железных дорог на газомоторное топливо / Д. В. Железнов, В. В. Ляшенко, А. В. Муратов // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 1 (55). С. 16–19.
- 3 Концепция комплексной программы «Внедрение светодиодной техники в ОАО «РЖД» / Ададуров С.Е. [и др.] // Автоматика, связь, информатика. 2009. № 2. с. 2–5. ISSN 0005–2329.
- 4 Харитонов И.В. Интеллектуальные возможности применения светодиодных систем на локомотивах железнодорожного транспорта / Б. С. Сергеев, И. В. Харитонов // Труды третьей научно-технической конференции с международным участием «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование. ИСУЖТ–2014. 2014. с. 217–219
- 5 Муратов, А. В. Улучшение световых показателей тягового подвижного состава / А. В. Муратов, И. К. Кулишев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2025. № 2. С. 10–14. DOI 10.24412/2071–6168–2025–2–10–11.

ТЯГА ПОЕЗДОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ РЕЛЬСОВЫХ ПУТЕЙ

К. А. Кулямин¹, В. В. Ляшенко²

Введение. Известно, что наука о теории тяги поездов изучает вопросы, связанные с движением железнодорожных составов по железным дорогам, с востребованностью эксплуатации подвижного состава и локомотивов, а также вопросы экономичности в расходовании электроэнергии и горючего вещества.

В нашей стране практически все перевозки осуществляются электроподвижным составом, а также электровозами, тепловозами и дизельными поездами. В научных работах рассматриваются понятия о видах тяги поездов на различных типах рельсовых путей [1, 2].

Основная часть. Тяга поездов считается прикладной наукой о механическом движении поездов. Тяга поездов позволяет применять способы эффективности решения вопросов железнодорожного транспорта, также широкое применение тяговые расчеты нашли при проектировании новых линий, а также единиц подвижного состава.

Основоположниками данного вида науки являются российские ученые, в частности, прикладной составляющей – тяговых расчетов. На их основе, как правило, выбирается тип тягового подвижного состава, учитываются его основные характеристики, такие как скорость, время хода, совершаемой работы, состояние электрических машин, расход топлива и т.д.

Для регламентации проводимых тяговых расчетов используется руководящий документ – правила тяговых расчётов для поездной работы, который является основой нормативной документации железнодорожного транспорта [3, 4].

С помощью рассматриваемой теории можно решить следующие прикладные задачи [5]:

- определение времени хода;
- определение веса поезда;
- определение расхода топливо-энергетических ресурсов;
- решение тормозных задач.

Тяга поездов играет значительную роль в обеспечении безопасности движения поездов по железным дорогам. Это подразумевает собой соблюдение технических нормативов, таких как: нормы массы, перегонные времена хода, станционные и межпоездные интервалы, нормы стоянок поездов для технических и коммерческих процессов. А также отметим, что тяга поездов обеспечивает планирование перевозок и процессы по составлению графиков движения поездов по сети железных дорог. При проведении обучения железнодорожных работников на основе данных графика движения подвижных составов определяются значения показателей использования поездов, производится процесс согласования деятельности железных дорог с грузоотправителями и грузополучателями.

По виду тяга подвижных составов подразделяется на: паровозную, тепловозную, электровозную.

Рельсовые пути оказывают влияние на тягу движения подвижного состава. Существуют следующие виды рельсовых путей: кривые участки пути, прямые участки пути, главные пути, станционные пути, деповские пути, технические пути. Также на тягу поездов по рельсам оказывает влияние рельсовая колея, которая характеризуется двумя геометрическими линиями вдоль пути по внутренним граням головок рельсов на уровне их контакта с гребнями колес. Таким образом, влияние типов рельсовых путей на тягу подвижных составов зависит от состояния железнодорожного пути, так как от состояния железнодорожного полотна пути зависят непрерывность и безопасность движения поездов, а также применение технических средств железных дорог [6, 7].

Конструкция и состояние рельсовых путей влияют на тягу поездов, движение поезда по рельсам большое влияние оказывается на расход электроэнергии. Данный фактор оказывает

¹Кулямин Кирилл Алексеевич – студент группы ЭЖД-31, ИУЭ

²Ляшенко Виктория Владимировна – к.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»

отрицательное влияние на состояние железнодорожного пути, поэтому происходит повышенный износ, что приводит ухудшению движения поезда и к увеличению расхода энергоресурсов [8].

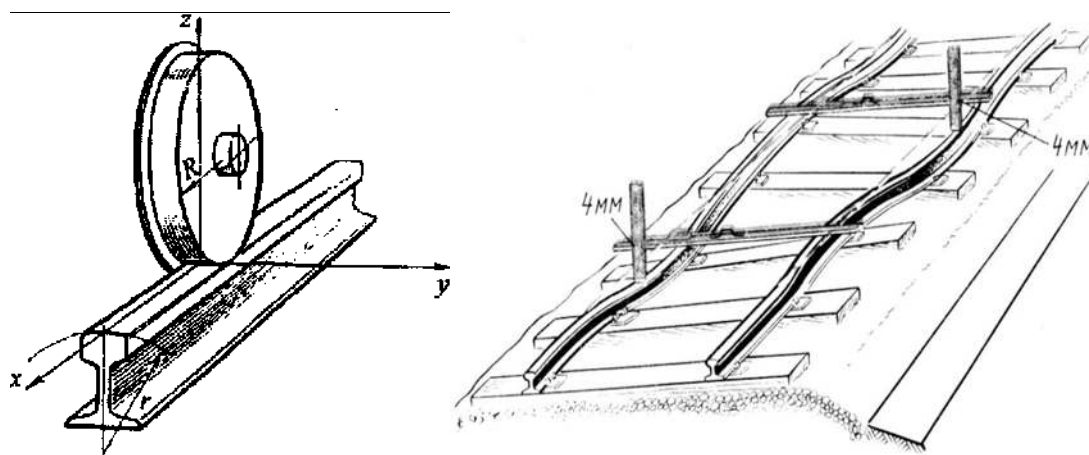


Рис. Состояние и конструкция рельсовых путей, влияющие факторы на тягу поездов

Заключение. Решение комплекса вопросов науки о теории тяги поездов необходимо для формирования графиков движения подвижных составов, тяговых расчётов, влияющих факторов на тягу поездов, а также для обеспечения безопасного движения поездов по железным дорогам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кузьмич. В.Д., Руднёв. В.С., Френкель. С.Я. Теория локомотивной тяги: под ред. В.Д.Кузьмича. М: Издательство: «Маршрут», 2005. 448 с.
- 2 Муратов, А. В. Новые энергосберегающие технологии в локомотивном хозяйстве / А. В. Муратов, С. А. Петухов // Наука и образование транспорту. 2011. № 1. С. 102–104. EDN PFHXJF.
- 3 Иванов, В. Н. Тяга поездов: практикум : учебное пособие / В. Н. Иванов, В. В. Макаров. Иркутск : ИрГУПС, 2022. 60 с.
- 4 Ляшенко, В. В. К вопросу выбора экономичных режимов вождения поездов / В. В. Ляшенко // Наука и образование транспорту. 2020. № 1. С. 72–74. EDN WCCAS.
- 5 Иванов, В. Н. Тяга поездов : учебное пособие / В. Н. Иванов, М. А. Шрайбер. Санкт-Петербург : ПГУПС, 2024. 69 с.
- 6 Б.Г. Постол., Е.Н. Кузьмичёв. Тяга поездов // Издательство: ДВГУПС, Хабаровск. 2011. 74 с.
- 7 М.В. Фуфачева. Организация движения поездов // Красноярск. КРИЖТ ИрГУПС. – 2021. – 179 с
- 8 Севостьянова. Л.Л. Устройство, проектирование и расчеты рельсовой колеи: Конспект лекций в двух частях. Часть первая / Л.Л. Севостьянова. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2007. с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДИЗЕЛЕЙ ТЕПЛОВЗОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. В. Лебедев¹, А. В. Муратов²

Введение. В связи со спецификой организации работы локомотивного хозяйства требуется достаточно значительные энергоресурсы, в качестве которого используется дизельное топливо. В качестве основного критерия, оценивающего энергоэффективность локомотивов, работающих на дизельном топливе, является удельный эффективный расход. Его снижение позволяет значительно повысить энергоэффективность такого подвижного состава, что является весьма актуальным в настоящее время [1,2].

Основная часть. Для оптимизации работы локомотивных бригад используются режимные карты. Это документ, содержащий перечень оптимальных значений параметров для достижения надёжной и экономичной эксплуатации оборудования [3,4]. В них показан профиль пути: подъемы, спуски, светофоры и расстояние между ними, а также позиции, которые необходимо включить при следовании по данному маршруту.

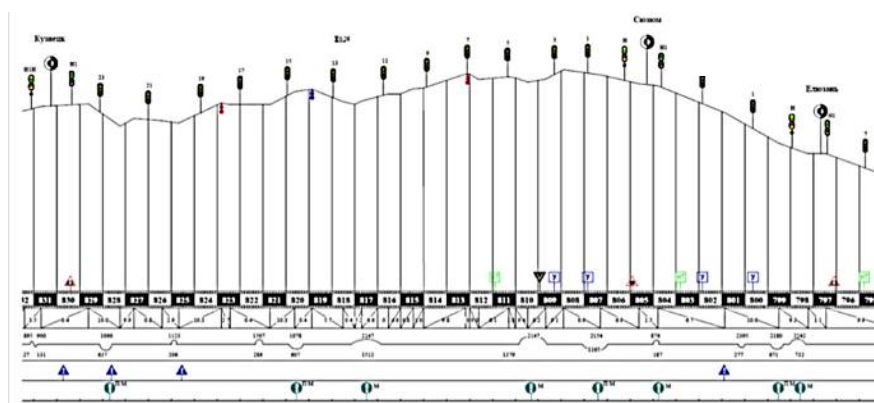


Рис. 1. Пример профиля пути

При следовании по профилю пути на расстоянии 807–789 км (рис. 1) машинист может следовать на выбеге, при увеличении скорости машинист может применить ЭДТ, при этом уменьшит расход топлива.

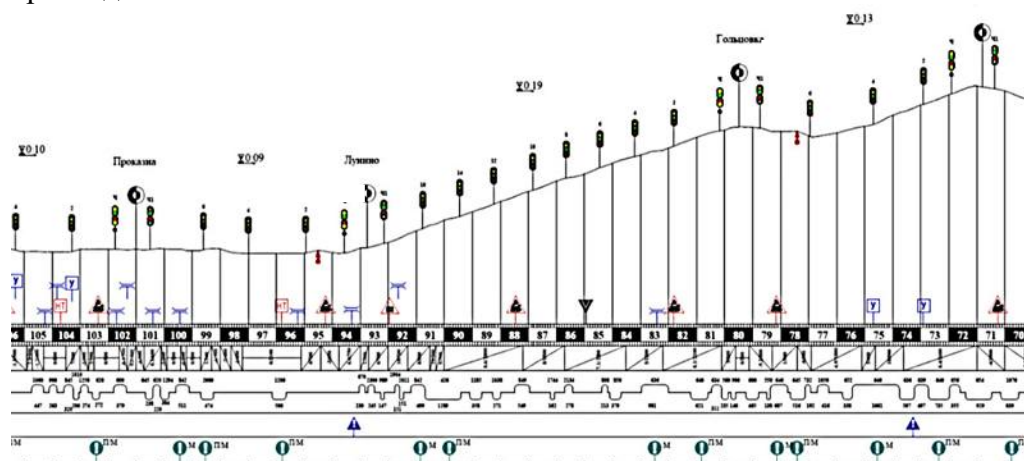


Рис. 2. Пример профиля пути

На 105 км (рис. 2) машинист должен сохранить максимальную кинетическую энергию поезда из-за предстоящего подъема профиля пути. Чем больше энергии сохранится, тем

¹Лебедев Артем Васильевич-аспирант, ИТСПС

²Муратов Алексей Владимирович- заведующий кафедрой «Тяговый подвижной состав» ПривГУПС

меньше позиций нужно переключать, соответственно машинист быстрее преодолеет подъем. Один из самых больших факторов экономии в данном случае – опытность локомотивной бригады. Машинист благодаря знанию профиля пути может сэкономить топливо, при этом он использует минимальное постановление позиций контроллера машиниста и максимально сохраняет кинетическую энергию.

Кроме этого, существуют еще способы экономичного расхода топлива при следовании на определенном участке пути:

- 1) Отключение тумблером одной из секции тепловоза;
- 2) Поддержание режима работы дизельно-генераторной установки с наивыгоднейшими показателями;
- 3) Опыт машиниста для максимального сохранения кинетической энергии движущегося поезда
- 4) Правильное распределение коэффициента торможения поезда на разных режимах профиля пути.

Заключение. Таким образом, при применении одного из технических решений проблемы недостаточной освещённости кривых, уменьшается вероятность происшествий на железнодорожном транспорте, что приведет к улучшению безопасности движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Просви́ров, Ю. Е. Расчетно-экспериментальная оценка эффективности использования модифицированного моторного масла в тепловозных дизелях / Ю. Е. Просви́ров, С. А. Петухов, А. В. Муратов // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2011. № 5. С. 44–47.
2. Влияние насыщения дизельного топлива метаном на эксплуатационные показатели тепловозных дизелей / Д. Я. Носырев, А. В. Муратов, Л. С. Курманова, С. А. Петухов // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 6 (60). С. 25–28.
3. Гапанович В. А., Энергетическая стратегия и электрификация российских железных дорог / В. А. Гапанович, С. Н. Епифанцев, В. А. Овсейчук. Под ред. Г. П. Кутового. М.: Эко–Пресс, 2012. 196 с.
4. Ефанов Д.В., Осадчий Г.В., Энергоэффективные решения для систем управления на железнодорожном транспорте / Д.В.Ефанов, Г.В. Осадчий// Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2019. №2. С.16–21. ISSN:1994–831.

КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

И. В. Новожилов¹, В. А. Ваулин², Н. М. Сосевич³

Введение. Безопасность движения – это один из ключевых аспектов работы компании ОАО «РЖД», цель мероприятий: снижение рисков, связанных с угрозой жизни и здоровью людей, материальным ценностям и экологической обстановке. В каждой типовой инструкции для работников, связанных с движением поездов, есть материалы, связанные с безопасностью движения.

В этой статье мы рассмотрим: основные мероприятия, которые проводятся для повышения культуры безопасности.

Основная часть. Культура безопасности – это динамический стереотип поведения человека, выработанный на основе потребностей, способствующих безопасному образу жизни и определяющих бережное отношение человека к самому себе и окружающему миру [1, 2].

Культура безопасности движения на железнодорожном транспорте – это результат осознания важности и социальной ответственности работников железнодорожного транспорта в обеспечении безопасности движения, достижение которого является приоритетной целью и личной потребностью при выполнении всех работ, влияющих на безопасность движения [3].

¹Новожилов Игорь Владимирович – студент группы ПСЖД-01, ИТСПС

²Ваулин Владислав Алексеевич – студент группы ПСЖД-01, ИТСПС

³Сосевич Николай Михайлович – старший преподаватель кафедры «Тяговый подвижной состав»

С помощью развития в компании культуры безопасности можно достигнуть следующей цели – сформировать у работников ответственное отношение к своим трудовым обязанностям.

Основные задачи культуры безопасности в компании ОАО «РЖД»:

1. Формирование позитивного уровня культуры безопасности.
2. Развитие мотивации к совершенствованию своей деятельности, умений, навыков и способов самоподготовки.
3. Соблюдение баланса требований и ответственности персонала при выполнении должностных обязанностей. [4]

Рассмотрим принципы формирования и поддержания культуры безопасности:

- Принцип приоритета безопасности – компания и руководство объявляют безопасность главным приоритетом и доводят это для всех сотрудников.

- Принцип профессиональных навыков и уровня квалификации работников – состоит в дополнительном обучении и помощь в поддержке квалификации руководства и сотрудников во всех аспектах деятельности компании.

- Принцип улучшения трудовой дисциплины и повышения уровня ответственности – достигается за счет создания простых и понятных трудовых инструкций для всех сотрудников, за счет этого у сотрудников появляется ясное понимание их задач, понимание ответственности и прямой корреляции этого с безопасностью.

- Принцип безоговорочного следования инструкциям – для повышения общей безопасности каждый работник должен беспрекословно следовать своим должностным инструкциям.

- Принцип доверия к руководству – руководство старается применить подходы к работе, при которых будет формироваться положительное отношение к безопасности.

- Принцип понимания последствий – сотрудник должен понимать прямое влияние его деятельности на безопасность и иметь понимание о возможных последствиях, к которым приводит несоблюдение инструкций.

- Принцип самоконтроля – каждый сотрудник, связанный с безопасностью движения самостоятельно должен контролировать свои действия.

- Принцип недопустимости сокрытия – каждый сотрудник должен понимать о недопустимости сокрытия своих ошибок, а также стремиться самостоятельно обнаружить и устранить ошибки и факторы их возникновения.

- Принцип мотивации – создании системы мотивации сотрудников по результатам деятельности, которая будет стимулировать их к безопасной работе.

Рассмотрим культуры безопасности при эксплуатационной работе, а именно на что она влияет и какие меры предпринимает предприятие, для недопущения ошибок.

Культура безопасности является неотъемлемой частью обеспечения безопасности движения и влияет на все аспекты деятельности предприятий железнодорожного транспорта, начиная с работы рядовых сотрудников, заканчивая глобальными решениями руководства.

Влияние культуры безопасности на эксплуатационную работу:

1. Снижается риск возникновения инцидентов и аварий: так как строже соблюдаются правила технической эксплуатации, в связи с этим уменьшается вероятность технических сбоев и снижается влияние человеческого фактора на всех этапах.

2. Повышается эффективности работы, так как сотрудники осознают ответственность выполняемой работы, начинают четче следовать инструкциям.

3. Улучшается репутация компании: отсутствие серьезных инцидентов в области безопасности положительно сказывается на общей репутации среди клиентов и партнеров компании.

Для формирования и поддержания высокой культуры безопасности предприятия железнодорожного транспорта предпринимают следующие меры:

- Создание детальных инструкций и регламентов для всех сотрудников, связанных с движением поездов.

- Регулярное обновление внутренних документов с учётом изменений в законодательстве, мировых практик и собственного опыта.

- Проведение регулярных технических занятий и дня культуры безопасности.
- Организация курсов повышения квалификации специалистов.

Рассмотрим подробнее вопрос формирования культуры безопасности при эксплуатационной работе.

При трудоустройстве в локомотивное депо, неважно на какую должность, назначается обучение, которое оплачивается. Во время обучения, сначала Вы проходите лекционный материал, после которого Вам назначают тест. Программа состоит из изучения основных документов, такие как: техника безопасности, охрана труда, должностные инструкции и электробезопасность.

Во время движения локомотивной бригадой ведется регламент переговоров, который помогает концентрироваться на важных параметрах движения таких как: ограничения скорости, сигналы светофоров, путевые знаки, свобода пути, соблюдение регламента помогает избежать несчастных случаев и аварий.

Каждую неделю в депо проводятся технические занятия, на которых рассматриваются вопросы по правильной эксплуатации локомотивов, их оборудования и работе с автотормозным оборудованием, при этом занятия обязательны к посещению всеми свободными от работы локомотивными бригадами. Организация, в свою очередь, в качестве мотивации оплачивает часы занятий.

Также еженедельно проводится «День культуры безопасности». На нем обсуждают недавно случившиеся инциденты, причины их возникновения и что нужно было сделать, чтобы их избежать. Инструкторы, проводят анализы и оглашают статистику, сравнивая ее с прошлым месяцем. Так сотрудники понимают, улучшают они свою работу или нет. Сотрудники при этом задают свои интересующие вопросы.

Помимо этого, существуют замечания – это информация о выявленных нарушениях во время поездки, например, отсутствие путевых знаков, нарушение верхнего строения пути, человек на пути. Замечания передают дежурному ближайшей станции, который в свою очередь заносит их в книгу замечаний или заносит через приложение «Машинистам» в котором можно приложить фотографию нарушения. Замечания помогают содержать путевую инфраструктуру в надлежащем состоянии и помогают избежать аварии и несчастные случаи.

Заключение. Культура безопасности на железнодорожном транспорте является неотъемлемой частью обеспечения безопасности пассажиров, сотрудников и окружающей среды. Она требует учёта специфики отрасли, строгого соблюдения регламентов, взаимодействия между участниками процесса и акцента на проактивные меры по предотвращению инцидентов. Формирование такой культуры требует совместных усилий со стороны транспортных компаний, государственных органов, общественных организаций и каждого сотрудника, работающего на железной дороге.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лисицын, А. И. Развитие культуры безопасности труда в ОАО «РЖД» / А. И. Лисицын, В. С. Чаплыгин // Проблемы безопасности российского общества. 2023. № 3 (43). С. 8–13.
- 2 Бересток, Н. О. О формировании культуры безопасности движения на предприятиях ОАО «РЖД» / Н. О. Бересток, В. А. Кобзев // Академик Владимир Николаевич Образцов – основоположник транспортной науки : труды международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию университета, Москва, 22 октября 2021 года. Москва: РУТ, 2021. С. 81–86. DOI 10.47581/2022/Obrazcov.12.
- 3 Распоряжение от 17 декабря 2009 г. № 2608р «Об утверждении положения о порядке создания систем менеджмента безопасности движения в холдинге «РЖД» и осуществления деятельности в сфере менеджмента безопасности движения с учетом функциональной стратегии обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса»
- 4 Распоряжение ОАО «РЖД» ОТ 1 ИЮНЯ 2020 г. № 1181/р «О культуре безопасности в холдинге ОАО «РЖД».

А. В. Солдатов¹, А. А. Свечников²

Введение. В современных условиях санкционного давления и необходимости обеспечения технологического суверенитета реверс-инжиниринг становится важнейшим инструментом развития отечественного железнодорожного машиностроения. Этот метод, представляющий собой процесс анализа готовых изделий для изучения их конструкции, принципов работы и технологий производства, позволяет создавать российские аналоги критически важных компонентов локомотивов [1].

Основная часть. Актуальность применения реверс-инжиниринга в российской промышленности обусловлена высокой зависимостью от иностранных комплектующих. Согласно последним исследованиям, до 60 % критически важных компонентов для производства и обслуживания локомотивов ранее поставлялись из-за рубежа. В данной статье мы подробно рассмотрим текущую ситуацию с импортозависимостью, проанализируем успешные примеры локализации производства, а также перспективы применения современных аддитивных технологий в отечественном локомотивостроении [2].

Анализ популярных моделей российских локомотивов показывает устойчивую зависимость от иностранных поставщиков ключевых компонентов. В грузовых и пассажирских электровозах, таких как 2ЭС5К, 2ЭС7, ЭП1М и других, используются системы управления Siemens и Bombardier, тяговые двигатели Alstom и Siemens, тормозное оборудование Knorr-Bremse и Wabtec. В тепловозах, включая модели 2ТЭ25КМ и ТЭП70БС, сохраняется зависимость от импортных дизельных двигателей с топливной аппаратурой Bosch, турбокомпрессоров ABB Turbo Systems и датчиков Honeywell и SICK. Например, в тепловозах 2ТЭ25КМ до 40 % компонентов, включая электронные системы управления, по-прежнему остаются иностранного производства.

Однако уже сегодня можно наблюдать успешные примеры импортозамещения. На сегодняшний день уже разработаны и запущены в производство отечественные аналоги компрессоров. Их флагманская модель КВ-4.4/1 П У2 обладает следующими характеристиками: производительность 4.4 м³/мин, рабочее давление 10 бар и ресурс до 15 000 часов. Тем не менее, некоторые компоненты, такие как винтовые пары для компрессоров, пока требуют дополнительной доработки, одним из ключевых направлений решения этой проблемы является перепроектирование и модернизация винтовых пар компрессоров. В этом контексте особенно перспективной выглядит технология 3D-печати металлом, которая позволяет:

1. Быстро создавать прототипы новых конструкций винтовых пар.
2. Оптимизировать геометрию деталей для повышения эффективности.
3. Использовать современные материалы с улучшенными характеристиками.
4. Сократить сроки внедрения новых решений в производство.

3D-печать открывает уникальные возможности для совершенствования конструкции винтовых пар, так как позволяет: реализовывать сложные формы профилей, недостижимые при традиционном производстве, оперативно вносить изменения в конструкцию на основе испытаний, настраивать параметры деталей под конкретные условия эксплуатации. Этот подход особенно важен в текущих условиях, когда требуется быстро заместить импортные комплектующие без потери качества и надежности оборудования [3, 4].

¹Солдатов Артем Владимирович – студент группы ПСЖД-44У, ИТСПС

²Свечников Александр Александрович – к.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»

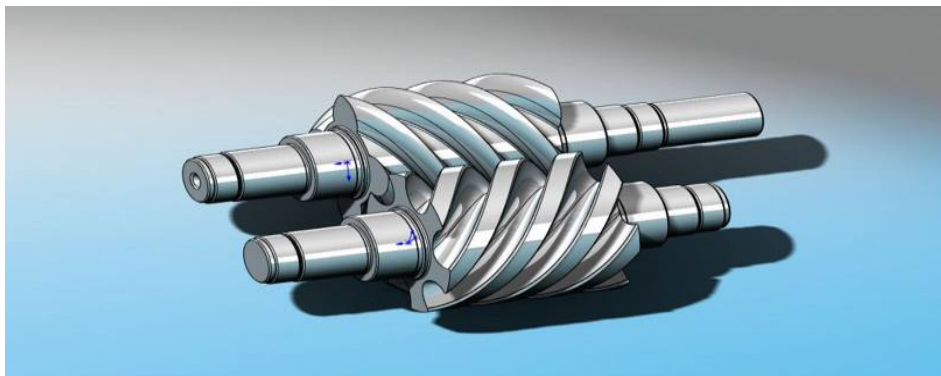


Рис. 1. Пример спроектированной винтовой пары компрессора

Российские производители уже предлагают несколько моделей металлических 3D-принтеров, которые могут быть использованы в локомотивостроении. Среди них выделяются РУСАЛАТ–300М для работы с алюминиевыми сплавами, STANKIN–METAL для производства крупногабаритных деталей и Квант–АМ для работы с жаропрочными сплавами. Эти установки уже применяются в отрасли для ремонта изношенных узлов, производства кронштейнов и корпусов подшипников. В перспективе они могут быть использованы для печати винтовых пар компрессоров и других сложных компонентов.

Закключение. Следует отметить, что сочетание реверс-инжиниринга с аддитивными технологиями открывает новые возможности для импортозамещения в российском локомотивостроении. Уже сегодня достигнуты значительные успехи в локализации производства компрессоров и электронных компонентов. Технологии 3D-печати позволяют сократить сроки производства сложных деталей в 3–5 раз по сравнению с традиционными методами. Для достижения полной технологической независимости необходимо дальнейшее развитие собственного производства металлических порошков и подготовка специалистов по цифровому проектированию. Особенно перспективным направлением представляется создание «цифровых двойников» компонентов, что позволит оперативно воспроизводить их на 3D-принтерах по мере необходимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Субхонбердиев, А. Ш. Стратегии импортозамещения в мировой экономике: уроки для России / А. Ш. Субхонбердиев, А. Н. Шевченко // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80, № 4 (78). С. 398–402. DOI 10.20914/2310–1202–2018–4–398–402.
- 2 Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 года № 1632–р.
- 3 Свечников, А. А. Замещение импортных деталей локомотивов деталями отечественного производства с применением современных методов 5D печати металлом / А. А. Свечников, М. И. Игнатьев // Наука и образование транспорту. 2024. № 1. С. 65–66.
- 4 Елисейкин, Е. И. Выбор материала и особенности 3D-печати запасных деталей локомотивов / Е. И. Елисейкин, Р. Х. Рафиков, А. С. Шинкарук // Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов : Материалы VIII всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвященной 300–летию Российской академии наук и 100–летию со дня рождения профессора Александра Сергеевича Лисовского, Омск, 14–15 ноября 2024 года. Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2024. С. 376–381.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ЭЛЕКТРОВОЗОВ.

В. В. Бобылев¹, Н. Н. Капранов²

Введение. В наше время производственные технологии стремительно развиваются, это касается и железнодорожной отрасли. Актуальность внедрения более высоких технологий и новых методик ремонта не перестает терять свою силу. В большей степени они направлены на автоматизацию производственного процесса и сокращение роли участия человека в этом процессе. Применение такого подхода является выгодным для предприятия, т.к. сокращаются расходы на заработную плату рабочих, и появляется критерий непрерывности производственного процесса, или его активизация по требованию.

На сети электрифицированных железных дорог больше всего эксплуатируется такой тяговый подвижной состав постоянного тока, как электровазы серии 2ЭС6 «Синара» [1]. Эти электровазы изготовлены в большом количестве и используются на стратегических полигонах обращения.

При сервисном обслуживании данной подвижной единицы используются нормативно отраслевая документация и соответствующие приемы для обеспечения надежной эксплуатации. Однако в процессе эксплуатации под действием нагрузочных факторов возникают отказы и неисправности.

Для модернизации производственного процесса целесообразно выявить критические элементы. Воспользовавшись статистикой, показывающей количество отказов в эксплуатации, проведем анализ. Выборка включает данные по нескольким регионам за три года. В целях упрощения восприятия данные были усреднены [2][3].

Как видно из диаграммы, большая часть отказов приходится на электрическое оборудование. Основными факторами, дающие данный результат, являются большие токи нагрузки, высокие температуры при разрыве силовой цепи, и многоцикличность процессов[4]. В свою очередь электрическое оборудование можно разделить на два больших класса: электрические машины и электрические аппараты.

Основная часть. Большую ответственность в управлении электровазом несут электрические аппараты. В пересчете на одну единицу электроваза в количественном эквиваленте лидируют контакторы и реле, 80 и 22 штуки соответственно [1]. Их можно объединить в более общую группу – «Коммутационные устройства». Данные по отказам коммутационных устройств представлены на рисунке 2.

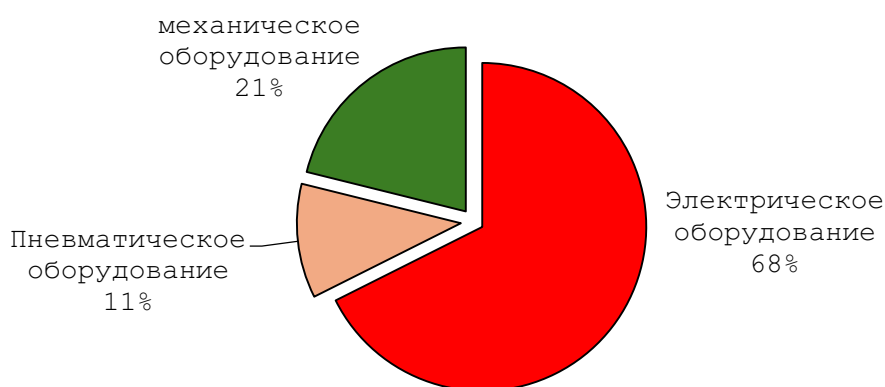


Рис. 1. Отказы на 2ЭС6 по видам оборудования

¹ Бобылев Виктор Владимирович – студент группы ПСЖД-26У, институт ТСПС

² Капранов Николай Николаевич – к.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»

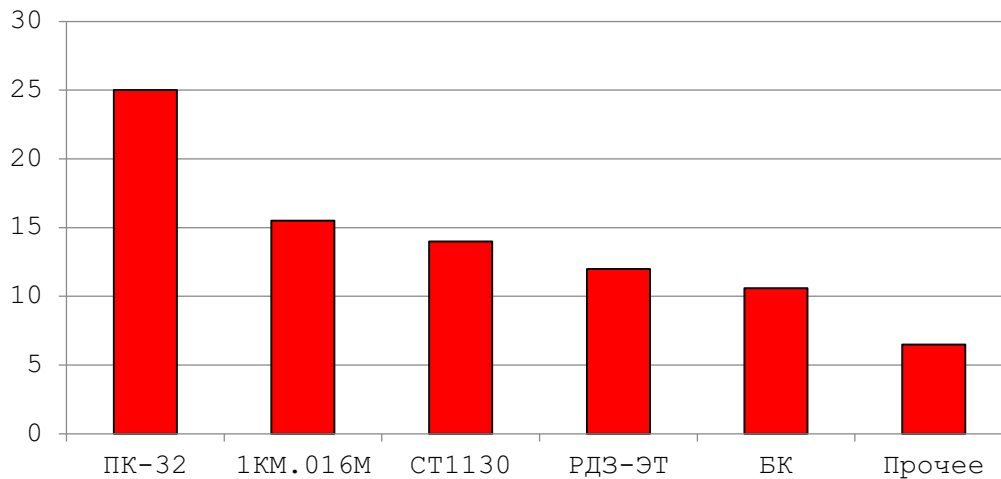


Рис. 2. Распределение отказов коммутационных устройств.

Основной задачей данной работы является создание передового устройства, способного в автоматическом режиме (без участия человека) контролировать параметры коммутационных аппаратов, выявляя неисправности.

Прототипом устройства стали изобретения (RU 2683577 C1) – «Устройство контроля срабатывания контактов электромагнитного реле» и (RU 2647995 C2) – «Устройство диагностики контактов силового электрооборудования» [5]. Целью первого изобретения является контроль электрической замкнутости контактов, второго – контроль теплового состояния контактов.

Рассмотрим принцип действия предлагаемого устройства на функциональной схеме (рис. 3).

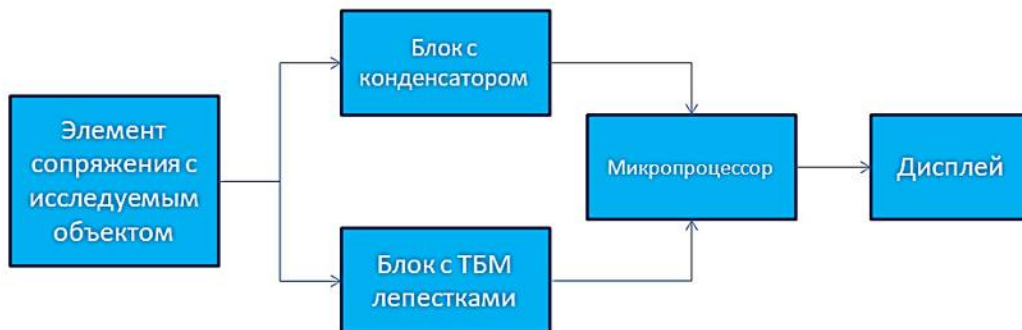


Рис. 3. Функциональная схема предлагаемого устройства.

Устройство подключается к исследуемому объекту через входные клеммы. После запуска теста, устройство начинает выполнять два параллельных процесса: электрическую и тепловую диагностику.

Электрическая диагностика начинается с зарядки конденсатора. Далее он подключается к исследуемому объекту через коммутаторы. Если контакты замкнуты, конденсатор разряжается через них за время t_d . Если контакты разомкнуты, то заряд остается на конденсаторе. Анализирующий орган (одновибратор) анализирует наличие или отсутствие заряда на конденсаторе, формируя сигнал S_l . $S_l=1$: контакты замкнуты, $S_l=0$: контакты разомкнуты.

$$S_l = \begin{cases} 1 & \text{если } t \leq t_{\max} \\ 0 & \text{если } t > t_{\max} \end{cases} \quad (1)$$

Тепловая диагностика осуществляется при помощи термобиметаллических лепестков (ТБМ), которые реагируют на температуру контактов. При нагреве лепестки деформируются,

изменяя электрический сигнал. Если температура превышает допустимые значения (T_{max}), то формируется сигнал St . $St=1$: перегрев, $St=0$: температура в норме.

$$S_t = \begin{cases} 1 & \text{если } T_k > T_{max} \\ 0 & \text{если } T_k \leq T_{max} \end{cases} \quad (2)$$

Обрабатывает результаты микропроцессор, формируя общий сигнал $S_{общ}$, соединяя полученные сигналы логическим «ИЛИ» в соответствии с условиями (1) и (2).

$$S_{общ} = S_1 \text{ ИЛИ } S_t \quad (3)$$

Предлагаемое устройство будет являться цифровым прибором, следовательно, ему необходимо программное обеспечение. Языком для написания программного обеспечения может стать «Python» в связи с отличительными преимуществами. А именно: простота, многопрофильность, гибкость, большое содержание баз данных.

Предлагаемое устройство может быть подключено к SCADA-системе или IoT-платформе для реализации прескриптивной аналитики данных.

Результаты от внедрения предлагаемого устройства можно условно поделить на 3 сектора: экономический (снижение времени простоя оборудования, снижение затрат); сектор безопасности движения (повышение надежности, снижение отказов); и сектор охраны труда (удобство использования, облегчение труда рабочих). В основе этих результатов ставиться автоматизация процесса.

Предприятия заинтересованы в многофункциональных унифицированных устройствах, которые смогут выполнять целый комплекс операций.

Направление работы не является конечным. Для получения более точных результатов следует учитывать большее количество факторов, параметров и воздействий, присутствующих в реальных, специфических условиях, и могут потребоваться дополнительные исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Электровоз грузовой постоянного тока 2ЭС6 с коллекторными тяговыми электродвигателями. Руководство по эксплуатации 2ЭС6 00.000.000 РЭ. Изд. ОАО «УЗЖМ» 2008 г.
- 2 Сотников, С. Г. Анализ эксплуатационной надежности и причин повреждаемости электрических аппаратов электровозов 2ЭС6, 2ЭС10 / С. Г. Сотников, В. А. Смирнов // Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов: материалы второй всероссийской научно-технической конференции с международным участием (13 ноября 2014 г.). Омск : ОмГУПС, 2014. С. 49–53.
- 3 О способах определения износа коммутационных аппаратов электроподвижного состава. Елькин Е.М., Фролов Н.О. Статья в журнале. УрГУПС. 2023. С. 57–60.
- 4 ГОСТ 23605–79 . Надежность в технике. Статистическая оценка нагруженности машин и механизмов. Методы типизации режимов нагружения. Введен 01.01.80. М.: Издательство стандартов, 1979 – 16 с.
- 5 Открытые реестры патентов: Яндекс. Патенты,
- 6 Научная электронная библиотека. URL: <https://www.elibrary.ru/>
- 7 Федеральный институт промышленной собственности. URL: <https://www1.fips.ru/>

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕВОДА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ТЯГУ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИИ

Е. И. Круглова¹, В. В. Ляшенко²

Введение. В статье рассматриваются актуальные вопросы развития электрической тяги на железных дорогах России. Проведён комплексный анализ преимуществ электрификации, включая значительное повышение пропускной способности (на 15–25 %), увеличение массы грузовых поездов (на 20–30 %) и снижение эксплуатационных расходов (до 60 % по сравнению с тепловозной тягой) [1].

¹ Круглова Екатерина Ильинична – студент группы ЭЖД-33, ИУЭ

² Ляшенко Виктория Владимировна – к.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»

Особое внимание уделено экологическим аспектам электрической тяги как наиболее чистого вида транспорта. В работе проанализированы ключевые проблемы дальнейшей электрификации: высокие капитальные затраты (30–100 млн руб./км), зависимость от дизельной тяги на 40 % сети, дефицит энергомощностей, технологическая зависимость от импорта критических компонентов, климатические ограничения в регионах с экстремально низкими температурами, а также отставание в развитии альтернативных технологий (водородных и аккумуляторных поездов) [2, 3].

Содержание статьи. Несмотря на все вышеперечисленные преимущества и на то, что Российские железные дороги (РЖД) обладают одной из самых протяжённых электрифицированных сетей в мире (около 54,5 тыс. км, или более 50 % от общей длины путей), дальнейшая электрификация осложняется рядом факторов (рис.1) [4].

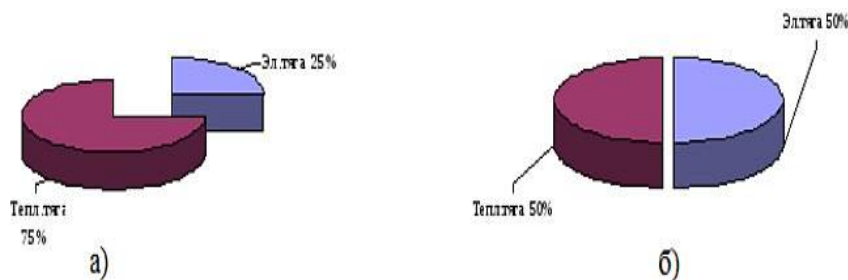


Рис. 1. Соотношение электрической и тепловой тяги: а) по протяженности; б) по объемам перевозок

Основные проблемы перехода на электрическую тягу заключаются в следующем:

– высокие капитальные затраты на инфраструктуру: Электрификация железных дорог требует значительных инвестиций в строительство контактной сети, тяговых подстанций и модернизацию энергосистем.

По данным ОАО «РЖД», стоимость электрификации 1 км пути варьируется от 30 до 100 млн рублей в зависимости от региона и сложности рельефа. В условиях ограниченного финансирования это делает нерентабельной электрификацию малозагруженных участков, особенно в Сибири и на Дальнем Востоке.

– зависимость от дизельной тяги на удалённых линиях:

Около 40 % сети РЖД остаются неэлектрифицированными, и их обслуживание осуществляется тепловозами.

Полный отказ от дизельной тяги невозможен из-за:

- **экономической нецелесообразности** электрификации низкоинтенсивных направлений;
- **отсутствия альтернатив** – аккумуляторные и водородные поезда пока не производятся в России в промышленных масштабах
- дефицит энергомощностей и износ электросетей:

В некоторых регионах (например, в Восточной Сибири) существующие энергосистемы не обеспечивают достаточную мощность для питания железных дорог. Кроме того, значительная часть контактной сети эксплуатируется с советских времён и требует модернизации.

Развитие электрической тяги в России также сдерживается недостаточным уровнем отечественного производства электронных систем управления и силовой электроники.

Еще одной из положительных сторон расширения электрифицированных линий, это нормализация экологической обстановки на прилегающих территориях так как электрическая тяга по сути является экологически чистым видом транспорта, работа электровозов не идет с выделением в окружающую среду отходы топлива.

В качестве необходимых мероприятий для более полного и эффективного использования электрифицированных участков пути видятся следующие мероприятия.

Поэтапная замена контактного провода (ежегодно 1500–2000 км); Установка интеллектуальных подстанций с цифровым управлением; Внедрение систем мониторинга состояния в реальном времени.

Создание резервных энергоузлов на критических направлениях; Развертывание систем накопления энергии (суммарная мощность 500+ МВт); Внедрение автоматических систем противообледенения.

В целом проведенное исследование подтверждает, что электрификация российских железных дорог является стратегически важной задачей, требующей комплексного решения. Несмотря на значительные экономические (60 %-ное снижение себестоимости перевозок), эксплуатационные (повышение пропускной способности на 25–30 %) и экологические преимущества, масштабная электрификация сдерживается высокими капитальными затратами, технологической зависимостью, энергетическими ограничениями, климатическими вызовами и необходимостью модернизации существующей инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 URL: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018010811>
- 2 Влияние насыщения дизельного топлива метаном на эксплуатационные показатели тепловозных дизелей / Д. Я. Носырев, А. В. Муратов, Л. С. Курманова, С. А. Петухов // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 6 (60). С. 25–28. EDN XIQYPN.
- 3 Железнов, Д. В. Проблемы и перспективы перевода тягового подвижного состава железных дорог на газомоторное топливо / Д. В. Железнов, В. В. Ляшенко, А. В. Муратов // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 1 (55). С. 16–19. EDN VRCLYT.
- 4 Гапанович, В. А. Энергетическая стратегия и электрификация российских железных дорог / В. А. Гапанович, С. Н. Епифанцев, В. А. Овсейчук. Москва : Эко-Пресс, 2012. 195 с. ISBN 978–5–904301–83–5. EDN YTPLRH.

ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДОВ 5D ПЕЧАТИ МЕТАЛЛОМ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЛОКОМОТИВОВ

М. В. Лопатько¹, А. А. Свечников²

Введение. Внедрение аддитивных технологий – новая эпоха в локомотивостроении и ремонта подвижного состава. Аддитивные технологии сейчас стоят на пороге внедрения во все сферы производства. Эта технология позволит существенно ускорить процесс создания нужной детали, а также снизит затраты на материалы.

Основная часть. Преимущество 5D-печати позволяют изготавливать детали с минимальной погрешностью, что обеспечивает высокую надежность детали. Чаще всего при разрушении детали, созданной с помощью аддитивных технологий, она начинает разрушаться слоями печати. При создании детали программа сразу считывает термостойкость и прочность, что позволяет сразу понять, смогут ли они выдержать те нагрузки, к которым изготавливаются. Сокращает количество отходов материала, поскольку процесс проходит практически без потери сырья. Отличие 5D от 3D печати – это наличие двух дополнительных осей вращения.

Возможности 5D-печати для железнодорожного транспорта позволяют изготавливать детали для локомотивов с улучшенными характеристиками. Также возможно производство запасных частей, что сократит время простоя. Среди аддитивных технологий наиболее подходящие к железнодорожному транспорту можно отметить несколько видов:

Прямое лазерное выращивание (LMF) – это технология изготовления заготовок сложной формы из металлических порошков по заданным 3D-5D-моделям. Изделие строится

¹Лопатько Максим Викторович – студент группы ПСЖД-26у, ИТСПС

²Свечников Александр Александрович – к.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»

из металлического порошка, который подается в зону воздействия лазерного луча. Такая технология преимущественно дает нам отсутствие пор, несплавлений и трещин, а также создание гибридных конструкций (сварка, литье, штамповка, механическая обработка и т.д.).

Электронно-лучевое плавление (EBM) – процесс аналогичен лазерному выращиванию, однако используется электронный пучок вместо лазера. Позволяет создавать крупные металлически конструкции.

Напыление металлического порошка (MPD) – Металлический порошок наносится на поверхность заготовки струей горячего газа или плазмы, создавая новые слои. Этот метод больше всего подходит для восстановления и ремонта изношенных деталей.

Изготовление деталей происходит в 3 этапа. Проектирование 3D-моделей изделия, контроль геометрий, постобработка. Пример производства детали с помощью 5D-принтеров показан на рисунке 1.

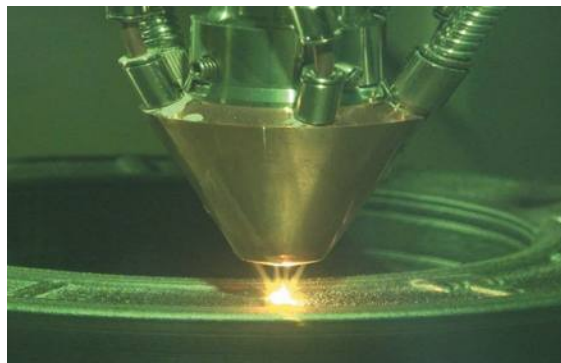


Рис. 1. Пример производства детали прямым лазерным выращиванием.

На данный момент уже существует большое количество установок Российского производства такие как:

Роботизированная установка прямого лазерного выращивания «ИЛИСТ»

Установки распределяются на размеры от М до 2XL. Это позволяет создавать детали размером от Ø 600 мм h – 400 мм до Ø 2200 мм, h – 1000 мм. На данный момент в производствах уже применены аддитивные технологии методом 5D печати, такие как: а) аэрокосмическая промышленность (создание деталей, требующих легкости и высокой точности), б) автомобильная индустрия (изготовление деталей сложной формы), в) медицина (производство имплантов методом 5D-печати чаще всего биопластиком).

Внедрения аддитивных технологий в железнодорожный транспорт также поспособствует улучшению и модернизации уже имеющихся деталей. Развитие научно-инженерных идей может реализоваться за короткое время, что приведёт к сокращению ремонта деталей локомотива.

Возможное применение 5D-печати в производстве деталей локомотивов различных компонентов, включая:

Тормозные рычаги.

Кронштейн крепления датчика скорости.

Кожух над электродвигателями.

Крышки распределительного шкафа.

Ручки управления и переключатели.

Крепежные скобы для трубопроводов.

Винтовая пара тормозного компрессора АКВ.

Это лишь малая часть примеров, которые могут быть изготовлены при помощи аддитивных технологий.

Несмотря на значительные достижения в аддитивных технологиях, а именно в области 5D-печати металлом, существуют некоторые ограничения, такие как высокая стоимость оборудования, обучения персонала и разработка новых материалов. Также важно обеспечить

качество и надежность изготавливаемых деталей и усилить контроль за изготовлением деталей для локомотивов.

Заключение. Внедрение методов 5D-печати металлом в производство деталей для локомотивов представляет собой важный этап эволюции локомотивостроения и ремонта подвижного состава. Данная технология открывает широкие перспективы для повышения эффективности производства, снижения затрат и улучшения эксплуатационных характеристик подвижного состава. Дальнейшее развитие и совершенствование методов 5D-печати позволит существенно расширить научно-инженерную деятельность, что приведёт к повышению модернизации локомотивов и положительному экономическому эффекту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Хазиев, А. В. Возможности и перспективы 5D печати / А. В. Хазиев // 3D технологии в решении научно-практических задач: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 28 мая 2024 года. Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева, 2024. С. 230–232. EDN GTONPQ.
- 2 Коток, М. М. 5D-печать. Аддитивное производство / М. М. Коток, С. В. Коновалов, И. А. Панченко // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 16–17 мая 2023 года. Том Выпуск 27. Часть I. Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2023. С. 264–265. EDN RZMSIQ.
- 3 Свечников, А. А. Замещение импортных деталей локомотивов деталями отечественного производства с применением современных методов 5D печати металлом / А. А. Свечников, М. И. Игнатьев // Наука и образование транспорту. 2024. № 1. С. 65–66. EDN FLYKHB.
- 4 Николаев, А. А. Анализ и оценка рисков внедрения новой технологии (на примере аддитивной технологии) / А. А. Николаев // Инновационная экономика : материалы Региональной научной конференции–школы для молодежи, Уфа, 18 октября 2018 года. Уфа: ГОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», 2018. С. 166–169. EDN YTXBHV.
- 5 Современные технологии изготовления изделий сложных форм методом аддитивных технологий / А. В. Садовская, В. М. Александров, В. В. Коваленя, И. С. Пентковский // Потребительская кооперация. 2023. № 3 (82). С. 18–22. EDN TYRTYU.
- 6 Дзеник, А. Д. Современные технологии производства порошковых материалов для аддитивных технологий / А. Д. Дзеник, А. Р. Исламов, Д. И. Каримов // Молодежь и системная модернизация страны : сборник научных статей 4-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых, Курск, 21–22 мая 2019 года. Том 5. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 244–247. EDN TLAJCI.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВЫХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗА 2ЭС6

Е. А. Марданов¹, М. В. Анахова²

Введение. Исправность силовых цепей электровоза имеет важное значение. При пробое одной из цепей на тяговые двигатели будет подаваться напряжение контактной сети. Это означает возникновения аварийного режима для ТЭД, что приводит к задержке поездов и unplanned ремонтам.

Основная часть. Согласно статистическим данным, с 2020 года по настоящее время в эксплуатации выявляются случаи выхода из строя диодов.[1, 2] Статистика выхода из строя диодов ДЛ153 приведена на рис. 1.

¹ Марданов Егор Александрович – студент группы ПСЖД-13, ИТПС

² Анахова Марина Вениаминовна – к.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»

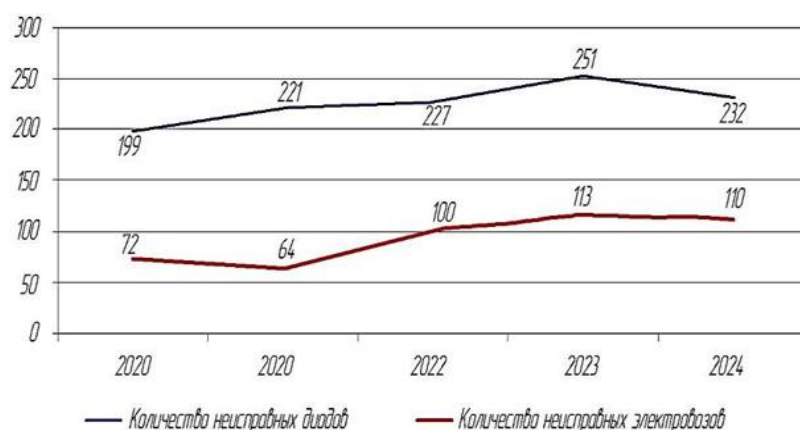


Рис. 1. Статистика выхода из строя диодов ДЛ153

Диоды ДЛ153–1250–32 на электровозе 2ЭС6 располагаются в первом (VD3–VD4) и во втором (VD5–VD8) блоке силовых аппаратов (БСА) [3–56]. Причина выхода из строя диодов, предположительно, кроется в тепловом пробое при рекуперативном торможении.

На сети железных дорог РФ зарегистрировано 96 случаев теплового пробоя диодов ДЛ153–1250–32 за период 2020–2024г.г. Пробой происходит из-за различия вольт-амперных характеристик диодов, которые соединены в группу последовательно, это приводит перегрузке диоды по напряжению.

При включении режима рекуперации через диоды протекает одинаковый ток, но, вследствие различных вольт-амперных характеристик, к диодам будут приложены различные обратные напряжения. При коммутации электрической цепи, когда напряжение на одном из диодов оказывается больше максимально допустимого значения (больше 3200 В) – возникает тепловой пробой р-п перехода. Причина теплового пробоя диодов заключается в превышении максимально допустимой мощности обратных потерь на диоде во время коммутации электрической цепи из-за различных вольт-амперных характеристик диодов. Поэтому последовательное соединение силовых полупроводниковых приборов требует применения специальных устройств, обеспечивающих равномерное деление напряжения между отдельными диодами [3].

Для предотвращения разбаланса и выравнивания напряжений при последовательном соединении силовых диодов применяются шунтирующие резисторы, подключаемые параллельно каждому диоду и конденсаторы. Сопротивление шунтирующих резисторов должно быть меньше сопротивления диодов в обратном направлении.

Таким образом, улучшение работы силовых диодов возможно применением RC-цепей, подключаемых параллельно каждому диоду. Принципиальная электрическая схема подключения RC-цепи приведена на рис. 2.

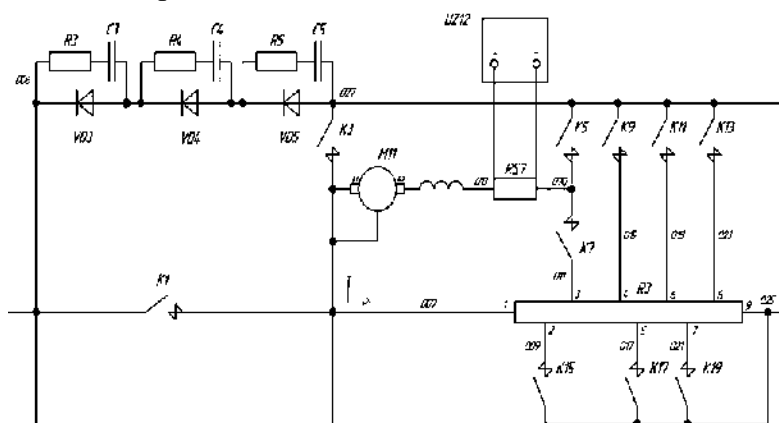


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема с установленной RC-цепочкой

Для доработки на один электровоз потребуется:

- 12 резисторов КНР–200 2 Вт 7,5 Ом;
- 12 конденсаторов К50–35 (емкость 1 мкФ, напряжение 3 кВ);
- 4 платы;
- 2 метра провода НППнг–2,5;
- 24 кабельные стяжки;
- 64 гайки М10;
- 64 винта с шестигранной головкой М10х30;
- 128 шайб;
- 64 разрезные (пружинные) шайбы.

Также необходимо спроектировать Г-образные перемычки и изготовить в количестве 8 шт. и S-образные перемычки также в количестве 8 штук. Перемычки представлены на рисунках 3 и 4.

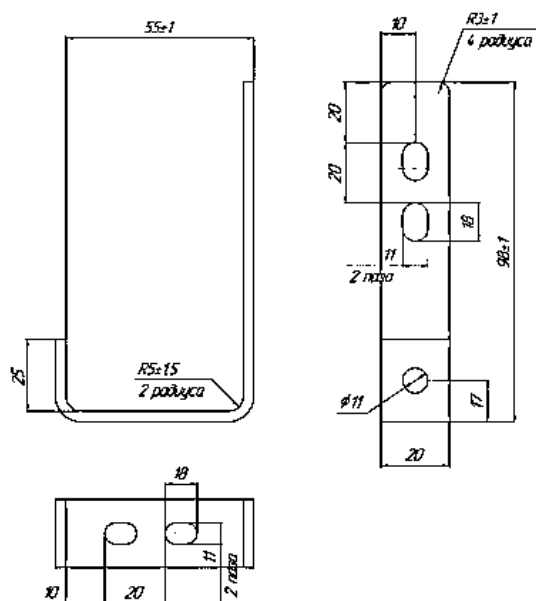


Рис. 3. Перемычка Г-образная

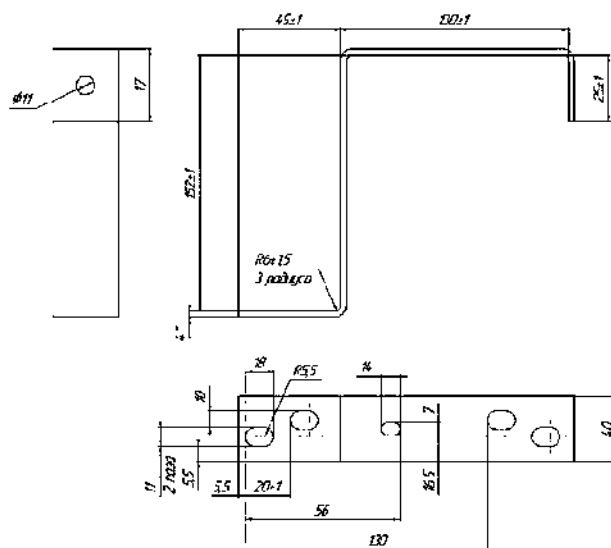


Рис. 4. Перемычка S-образная

Сборка РС состоит из следующих операций. С обоих концов резистора КНР–200 припаять провод НППнг–2,5. Один конец получившегося провода закрепить на одном из выво-

дов конденсатора К50–35. Таким образом получится провод RC–цепи, включающий в себя последовательно установленный резистор и конденсатор.

После установки разработанных кронштейнов 1 и 6 закрепить на них плату 4 (рис. 5). Конденсаторы с проводами RC–цепи с помощью кабельных стяжек закрепить на плате. Второй конец провода RC–цепи закрепить к разработанным S–образным перемычкам. Сборка диодов ДЛ153, доработанная RC–цепью, представлена на рис. 5.

Таким образом, RC–цепь обеспечивает кратковременный путь альтернативного тока «в обход» диода ДЛ–153. Резистор последовательно конденсатору требуется, чтобы ограничивает ток заряда конденсатора в цепочке при закрытии диода.

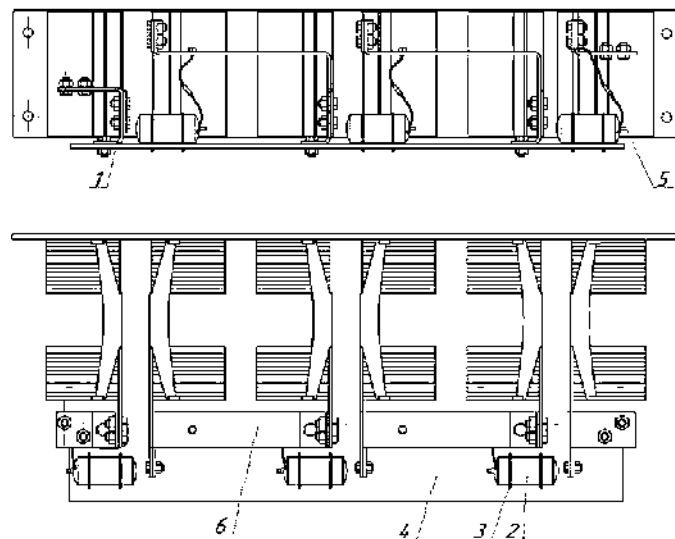


Рис. 5. – Сборка диодов ДЛ153, доработанная RC–цепью:

- 1 Г–образная перемычка, 2 – конденсатор К50–35, 3 – кабельная стяжка,
4 – плата, 5 – резистор KNP–200, 6 – S–образная перемычка

Заключение. Преимущества предлагаемой модернизации:

- Снижение расходов сервисных локомотивных депо, связанных с заменой силовых диодов, вышедших из строя, и проведения неплановых ремонтов в целом.
- Повышение надежности работы силовых диодов и, как следствие, исключение вероятности остановки в пути следования.
- Повышение коэффициента технической готовности для электровозов сервисного локомотивного депо.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Калякулин А. Н. Метод и устройство для обнаружения пробоя изоляции на корпус в силовых цепях тепловозов // Омский научный вестник. 2019. № 1 (163). С. 38–42. DOI 10.25206/1813–8225–2019 163–38–42. EDN YZMWJV.
- 2 Осинцев И. А. Устройство защиты от аварийных режимов тяговых двигателей электровоза 2ЭС6 «Синара» // Локомотив. 2023. № 10 (802). С. 17–22. EDN GWWTWQ.
- 3 Микропроцессорная система управления и диагностики МПСУиД: Руководство по эксплуатации 07Б.02.00.00 РЭ. Екатеринбург: ООО «Научно – производственное объединение САУТ», 2007. 15 с.
- 4 Электровоз грузовой постоянного тока 2ЭС6 с коллекторными тяговыми электродвигателями. Руководство по эксплуатации. Часть 9. Техническое обслуживание и текущий ремонт. 2ЭС6.00.000.000 РЭ8 / ООО «Уральские локомотивы». Екатеринбург, 2011. 326 с.
- 5 Волков А. Н. Устройство и ремонт электровоза 2ЭС6 «Синара»: учебное пособие. Москва: учебно методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2020. 680 с. EDN NIGQYU.

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

А. В. Неклюдов¹, А. Н. Калякулин²

Введение. С появлением электронно-вычислительных машин (ЭВМ) и их развитием перед человечеством открылись практически безграничные возможности по применению этих устройств во всех сферах жизни. Активно внедряется полное управление электроподвижным составом с помощью ЭВМ практически без участия машиниста, примером такого подхода является ввод в эксплуатацию беспилотных поездов «Ласточка» на Московском центральном кольце (МЦК), разработанные под руководством ОАО «РЖД» совместно с ООО «Уральские локомотивы», АО «НИИАС» (научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи), АО «ВНИКТИ» (все-российский научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт) и АО «Радиоавионика». Такие вычислительные машины также находят свое применение и в тренажерных комплексах для обучения и подготовки локомотивных бригад по управлению тяговым подвижным составом ОАО «РЖД» в условиях реальной эксплуатации. Их разработкой, производством и установкой технических требований на сети РЖД занимается проектно-конструкторское бюро локомотивного хозяйства (ПКБ ЦТ) [1].

Одной из актуальных проблем является оснащенность высших учебных заведений, техникумов и колледжей такими комплексами, их стоимость, а также неизбежное устаревание в случае приобретения из-за ввода в эксплуатацию нового подвижного состава.

Основная часть. Решением поставленной проблемы может стать использование мобильных тренажерных комплексов, которые может установить любой желающий на персональный компьютер (ПК) [2–4].

О необходимости внедрения таких продуктов в странах СНГ впервые задумались на Украине. Так в 2007 году для обучения машинистов Вячеславом Усовым был разработан ZDSimulator (рис. 1), который в дальнейшем получил общественное распространение. Тренажерный комплекс предлагает реалистичную физику управления локомотивом и поездом, детальную проработку электрических схем и аппаратов, реалистичные копии маршрутов, сценарии по маршрутам, а также возможность задавать различные неисправности и нестандартные ситуации.



Рис. 1. Симуляция поездки в мобильном тренажерном комплексе ZDSimulator

В России же свое распространение получила глобальная переработка Microsoft Train Simulator под железнодорожную колею 1520 мм – RTrainSim (RTS) (рис. 2). Этот комплекс разрабатывается и по сей день в разных проектах, которые подразумевают под собой разный путь развития. Например, в проекте GoRails занимаются созданием и проектированием маршрутов, а в проекте MaDaDev разработкой нового и современного тягового подвижного состава.

¹Неклюдов Андрей Вячеславович – студент группы ПСЖД-23, ИТСПС

²Калякулин Алексей Николаевич – к.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»



Рис. 2. Симуляция поездки в мобильном тренажерном комплексе RTrainSim

Первым отечественным лабораторно-тренажерным комплексом стал Russian Railway Simulator (RRS) (рис. 3), разработанный в 2019 году Ростовским государственным университетом путей сообщений (РГУПС), исходный код которого полностью открыт и зависит только от пользователя, что создает широкие возможности для реализации систем и физических процессов подвижной единицы.



Рис. 3. Симуляция поездки в мобильном тренажерном комплексе Russian Railway Simulator

Данные продукты предлагают широкий спектр возможностей и функционала не только для подготовки машинистов к управлению тяговым подвижным составом, но и для обучения в условиях образовательных организаций. С их помощью можно организовать выполнение лабораторных и практических работ, в рамках подготовки обучающихся по специальности 23.05.03 Подвижной состав железных дорог, по таким дисциплинам, как «ПТЭ и инструкции по безопасности движения», «Системы управления электроподвижного состава», «Эксплуатация электроподвижного состава» и др.

В условиях работы в мобильном тренажерном комплексе RTrainSim проекта MaDaDev предлагается организовать обучение студентов по рабочей профессии помощник машиниста. На базе комплекса возможно проводить лекционные и практические занятия с демонстрацией обучающимся работы автотормозов, приборов безопасности и основ управления электроподвижным составом. В проекте студент может ознакомиться и запустить с «холодного» состояния такой современный ЭПС как ЭП2К, ЭП20, ЭС4К, ЭС6 и ЭП2Д. Стоит упомянуть и об организации еженедельных мультиплееров (или, как это называют в Ростовском ГУПС – Виртуальной железной дороги) с последующей сдачей лент на расшифровку. Главная задача мультиплеера – симуляция поездной и маневровой работы с соблюдением ПТЭ, их приложений и прочих Норм и Правил, действующих на РЖД (но с некоторыми изменениями из-за ограничений движка). Таким образом, потенциальный работник будет тщательнее подготовлен к своим первым поездкам, знать принципы работы приборов безопасности, автотормозов, расположение оборудования, теорию управления ЭПС и регламент переговоров.

Лабораторно-тренажерный комплекс Russian Railway Simulator – относительно молодой проект и не может похвастаться объемным локомотивным «парком», как другие, или разнообразием маршрутов. Так, например, комплекс долгое время существовал без сигнализации. Но

он активно развивается Ростовским ГУПС, а также, как упоминалось выше, имеет открытый исходный код, что открывает большие возможности для пользователя. А значит, и для разработки лабораторных работ по образовательным дисциплинам железнодорожного транспорта.

Закключение. В данной статье рассмотрена возможность применения тренажерных комплексов для учебного процесса образовательной организации. Выделены следующие преимущества: доступность для любого пользователя; гибкость для лиц, занимающихся разработкой лабораторных и практических работ на базе комплекса RRS; доступное с финансовой точки зрения распространение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ГОСТ Р 70499–2022. Комплексы тренажерные для обучения локомотивных бригад. Общие технические требования: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2022–10–28 / Федеральное агентство по техническому регулированию. Изд. официальное. Москва: Российский институт стандартизации, 2022. 20 с.
- 2 Тимофеева, М. С. Симуляционные технологии как составляющая процесса формирования профессиональных компетенций / М. С. Тимофеева, Д. В. Глазунов // Преподаватель высшей школы в XXI веке : труды международной научно-практической Интернет-конференции, Rostov-on-Don, 03 февраля – 17 2014 года. Том Сборник 11. Rostov-on-Don: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2014. С. 33–38. EDN TSBSUX.
- 3 Роль современных симуляционных технологий в образовательном процессе / А. М. Лященко, Д. В. Глазунов, П. В. Губарев, А. Д. Глазунова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 5. С. 84–88. DOI 10.24412/2071–6168–2023–5–84–85. EDN HVFMHY.
- 4 Применение на железнодорожном транспорте тренажеров с использованием практики деловых игр / В. И. Колесников, В. Д. Верескун, Н. Н. Сухорукова [и др.] // Телекоммуникационные технологии на транспорте России : сборник докладов, Сочи, 23–25 апреля 2003 год. Сочи: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2003. С. 383–387. EDN XADMVY.

ТЕХНИКО–ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ

Д. Д. Чердымова¹, В. В. Ляшенко²

Введение

В условиях современного мира, который стремится к максимальному снижению воздействия на окружающую среду, электрическая тяга на железнодорожном транспорте становится с каждым днем все более актуальнее. Данный вид тяги представляет не только прогресс в развитии технологий, но и важным аспектом к снижению затрат на эксплуатации и оптимизации как подвижного состава, так и других транспортных систем. Существуют различные технико-экономические преимущества электрической тяги, которые позволяют оценить потенциал данной виды тяги на железнодорожном транспорте.

Это могут быть автономные локомотивы, которые используют в качестве первоисточника теплоту сгорания топлива, их называют тепловозы и локомотивы, которые в качестве первоисточника энергии используют электрическую энергию, это электровозы.

Таким образом, локомотивы, используемые для магистрального движения, разделяют на две большие группы электровозы и тепловозы.

Основная часть

Для оценки эффективности и экономической целесообразности использования того или иного вида тяги существует раздел научных знаний железнодорожного транспорта – теория тяги поездов, по средствам которой можно теоретически обосновать эффективность движения подвижного состава на том или ином участке пути, учитывая действующие на него силы.

¹ Чердымова Дарья Дмитриевна – студент группы ЭЖД-32, ИУЭ

² Ляшенко Виктория Владимировна – к.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»

Проводимые расчеты позволяют выбрать более рациональные режимы вождения поезда, решать тормозную задачу.

На современном этапе развития локомотивов предпочтительнее выглядит электрическая тяга [1, 2].

Электрический подвижной состав находит широкое применение на сети железных дорог и имеет ряд модификация, обусловленных выполнением разного рода работ (рис. 1).

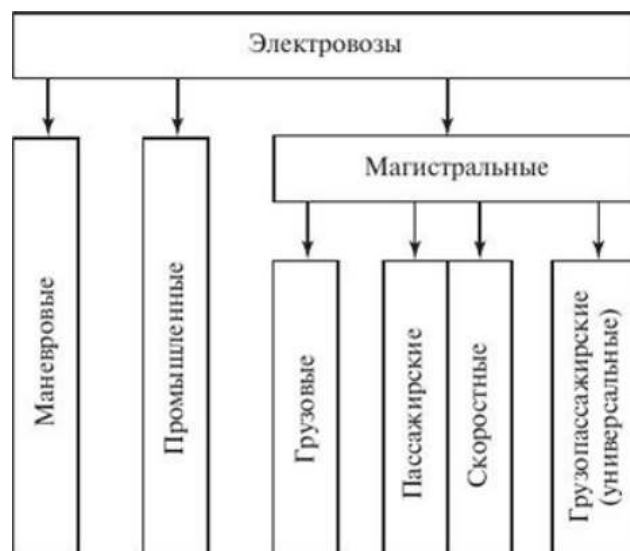


Рис. 1. Модификации электроподвижного состава

К технико-экономическим преимуществам электрической тяги относятся:

- коэффициент полезного действия, которые намного выше у электровозов, чем у тепловозов;
- экономия ресурсов подразумевает снижение расходов на топливо и техническое обслуживание;
- увеличение пропускной и провозной способностей и грузооборота – электровозы способны развивать скорость порядка 50–65 км/ч для грузовых и 100–150 км/ч для пассажирских, могут работать по системе многих единиц, что позволяет управлять тяжелыми и длинными поездами с одной локомотивной бригадой [3];
- снижение уровня шума – движение всех электропоездов становится более тихим, что способствует уменьшению шумового загрязнения;
- гибкость и адаптивность – все системы электрической тяги легко координируются с различными возобновляемыми источниками энергии: солнечная и ветровая энергии;
- экология – снижение выбросов вредных веществ, что делает электрическую тягу экологически чистым вариантом транспорта для железнодорожной отрасли, сокращение потребления природных ресурсов [4].

Хочется отметить, что переход от тепловозной тяги к электрической, позволяет снизить затраты на инфраструктуру.

Стратегия развития ОАО «РЖД» до 2030 года, в которой одним из направлений является создание энергоэффективных разработок и оборудования, которые соответствуют современным мировым стандартам.

Одними из основных новейших решений и технологий, на которые должна ориентироваться железнодорожная энергетика, это:

- повышение эффективности рекуперативного торможения как одного из существенных факторов энергосбережения в электрической тяге;
- переход при строительстве пассажирских вагонов, стационарных зданий, сооружений и коммуникаций на новый класс теплоизоляционных материалов и современные энергоэкономичные климатические устройства;

- повышение напряжения передачи энергии к электроподвижному составу на электрифицированных железных дорогах;
- использование энергоемких накопителей энергии в основных технологических процессах энергопотребления и генерации энергии, включая и тепловую [5].

Заключение. Таким образом, электрическая тяга показывает яркие технико-экономические преимущества, что делает ее важным элементом железнодорожного транспорта в современном мире. Такая тяга способствует повышению эффективности перевозки грузов, увеличению пропускной способности, экономии топливно-энергетических ресурсов, а также снижению затрат на ремонт и техническое обслуживание электровоза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Иванов В. В., Ляшенко В. В., Муратов А. В. К вопросу построения рискориентированного подхода в области безопасности движения локомотивного комплекса // Вестник транспорта Поволжья. 2024. № 3 (105). С. 23–29. EDN PSATCR.
- 2 Влияние насыщения дизельного топлива метаном на эксплуатационные показатели тепловозных дизелей / Д. Я. Носырев, А. В. Муратов, Л. С. Курманова, С. А. Петухов // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 6 (60). С. 25–28. EDN XIQYPN.
- 3 Бегагин Э. И., Тихонов В. А. Теория электрической тяги : курс лекций. Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2014. 97 с.
- 4 Рахматуллин А. М., Альшев Ю. В. Электрическая тяга на железнодорожном транспорте // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 15. С. 298–302. EDN AVEECP
- 5 Распоряжение ОАО «РЖД» от 11.02.2008 № 269р «Об энергетической стратегии ОАО «РЖД» на период до 2010 года и на перспективу до 2030 года».

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО АВТОНОМНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЛАТФОРМ ПРИГОРОДНОГО СООБЩЕНИЯ

В. В. Бусов¹, А. Г. Старикова²

Введение. Вопросы безопасности перевозки пассажиров в компании ОАО «РЖД» всегда стоят на одном из первых мест. Об этом говорит и анализ статистики уровня риска в области безопасности движения на инфраструктуре компании, который не превышает и существенно ниже (на 29 %) установленных (допустимых) значений [1].

Пригородное пассажирское сообщение, осуществляемое электропоездами, за свою многолетнюю историю испытывало не мало «взлетов» и «падений». Еще буквально более десяти лет назад в России стремительно сокращались перевозки пассажиров пригородным железнодорожным транспортом из-за его нерентабельности. Однако правительство России еще в начале 2015 года предпринял меры по восстановлению в кратчайшие сроки движения электропоездов для перевозок пассажиров пригородного сообщения [2].

По мере роста территорий городов и их пригородов, у населения увеличиваются количество и дальность поездок, следовательно, повышается и роль транспорта.

В настоящее время г.о. Самара стремительно увеличивает свою территорию за счет ввода в эксплуатацию новых жилых комплексов, население которых совершает ежедневные поездки из дома на работу или учебу – так называемые трудовые маятниковые миграции.

При этом дальность поездок растёт пропорционально увеличению скорости средств транспорта, а затраты времени увеличиваются незначительно. Однако из-за загруженности городских дорог преимущества использования личного транспорта, особенно в часы «пик» значительно снижаются. Для сокращения трудовых поездок на личном транспортном средстве важна хорошая альтернатива, например использование пригородных электропоездов.

¹ Бусов Владимир Викторович – студент группы ПСЖД-21, институт ТСПС

² Старикова Анна Геннадьевна – ст. преподаватель кафедры «Тяговый подвижной состав»

Стоит отметить, что граница агломерации может быть подвижной, в ней присутствуют как долговременные, так и сезонные тенденции. Например, летом, когда жители ядра массово выезжают на пригородные дачи, граница «отодвигается» от ядра, а зимой – наоборот, сжимается. Дачный сезон начинается ранней весной и продолжается до поздней осени, когда рано темнеет и отдельной категорией пассажиров, пользующихся в этом случае пригородными электропоездами, являются дачники, в том числе люди «преклонного» возраста.

Авторы статьи рассмотрят вопросы безопасности посадки/высадки пассажиров на платформах пригородного сообщения, связанные с недостаточностью, либо отсутствия их освещения. Если причиной является невозможность установить осветительное оборудование из-за отсутствия электроэнергии, то решением может выступить автономное освещение пассажирских платформ за счет альтернативных источников, например альтернативных источников энергии [3].

Основная часть. Освещение железнодорожных платформ должно обеспечивать безопасное перемещение пассажиров по ним, при ожидании прибытия электропоезда, а также создавать благоприятные условия при посадке/высадке их в вагон, т.е. иметь необходимый уровень освещенности.

Согласно нормативным документам, указывающих требования к освещению, нормативный уровень освещенности установлен на поверхности самой платформы и зависит от интенсивности пассажиропотока:

- не менее 10 лк – при интенсивном пассажиропотоке более 2 млн человек в год;
- не менее 5 лк – при среднем и малом пассажиропотоке от 0,7 до 2 млн и до 100 тыс. человек в год соответственно.

Также необходимо обеспечить условия для различения цветов, т.е. индекс цветопередачи должен быть не менее 75 Ra. Это необходимо для того, чтобы пассажирам было комфортно при нахождении на перроне и свет не оказывал на них угнетающего действия, также важно отсутствие вредного эффекта низкочастотных пульсаций (стробоскопического эффекта). Свет на пассажирских платформах должен быть равномерным (равномерность должна быть не менее 1:8) и приемлемым для человеческого глаза [4].

Таковыми необходимыми характеристиками обладают светодиодные осветительные приборы, которые обладают большим количеством преимуществ по сравнению с традиционными газоразрядными лампами ДРЛ или ДНАТ:

- экономичность энергопотребления;
- высокая прочность;
- длительный срок эксплуатации;
- высокий коэффициент пульсаций;
- стабильная работа при колебаниях напряжения питания;
- мгновенное зажигание при подаче питающего напряжения и стабильная работоспособность при любой температуре на всей территории Российской Федерации.

Светодиодные светильники серии ДТТ–ДКУ04–УН предназначены для освещения пассажирских платформ железнодорожных станций. Конструкция светильников позволяет регулировать угол их наклона по отношению к опоре. Поэтому световой поток может охватить необходимую площадь платформы и достичь требуемого значения освещенности, не создавая помех машинистам и пассажирам. Осветительные приборы устанавливаются на опорах на высоте 3 – 6 м. Светильники направляют вертикально вниз под незначительным углом – так свет не будет оказывать слепящего действия на людей.

Предлагаемое схемное решение альтернативного автономного освещения пассажирских платформ пригородного сообщения приведено на рисунке.

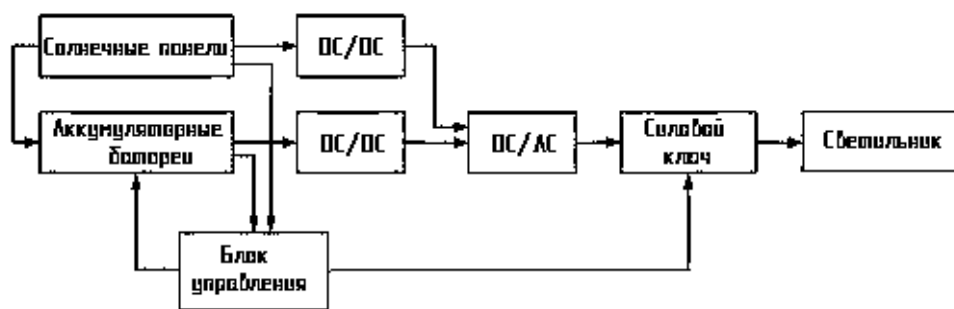


Рис. Структурная схема альтернативного автономного энергоснабжения светильников

Основными составляющими предлагаемой авторами системы автономного энергоснабжения с использованием солнечной электроэнергии являются: солнечные панели, преобразующие солнечную энергию в постоянный электрический ток при помощи фотоэлементов; аккумуляторные батареи, представляющие собой емкости для хранения лишней производимой энергии; инвертор с функцией автоматического ввода резерва, основными задачами которого являются преобразование постоянного электрического тока в переменный [5, 6].

Для получения энергии из солнечного света предлагается использовать гибкие солнечные батареи. За счёт гибкой формы на панель падает больше солнечного света за весь дневной цикл. Расположение для батареи выбирается на опоре так, чтобы не нарушать равновесия светильника сверху, сторона выбирается соответственно по направлению к солнцу.

Выбор аккумуляторной батареи, как неотъемлемой части солнечных панелей, происходит по следующим критериям:

- значение емкости аккумулятора;
- продолжительность зарядки и последующей разрядки;
- условия эксплуатации;
- срок эксплуатации и количество циклов полной зарядки и разрядки.

В настоящее время промышленностью выпускаются аккумуляторы, которые специально предназначены для использования в качестве посредника между генератором энергии и конечным потребителем. Среди прочих эти аккумуляторы имеют низкий показатель саморазряда и низкую чувствительность к зарядам и разрядам, что значительно повышает эффективность их работы, а также продолжительность службы.

Для реализации системы автономного энергоснабжения с использованием солнечной электроэнергии выбираем свинцово-кислотные аккумуляторы OPzS и OPzV с трубчатыми электродами. Эти аккумуляторы различаются типом электролита: в OPzS – жидкий, в OPzV – гелевый. Аккумуляторы OPzS обычно выпускаются в модульном формате, что позволяет легко заменять и расширять их при необходимости, а OPzV имеют моноблочную конструкцию, что делает их более подходящими для компактных установок и сред с ограниченным пространством.

Аккумуляторные батареи на основе геля лучше выдерживают циклические режимы заряда-разряда. В них электролит загущён до гелеобразного состояния диоксидом кремния, что увеличивает стойкость аккумулятора к вибрациям и предоставляет возможности использования АКБ в положениях, отличных от вертикального. Некоторые преимущества:

- повышенная безопасность, сниженные требования к обслуживанию;
- повышенная устойчивость к вибрации и механическим нагрузкам;
- низкая скорость саморазряда, что позволяет аккумуляторам оставаться заряженными в течение длительного времени без каких-либо неблагоприятных последствий для их ёмкости.

Выводы. Таким образом, предлагаемый вариант автономного освещения пассажирских платформ пригородного сообщения позволит не только повысить комфортабельность пользования железнодорожным транспортом, но и обезопасить пассажиров при их посадке/высадке, а также улучшить условия работы локомотивных бригад. Также предлагаемый

вариант автономного освещения платформ, можно использовать как резервное питание, чтобы избежать недостаточного освещения при отключении электричества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 «РЖД Отчет об устойчивом развитии за 2022 г.» [Электронный ресурс]. URL: <https://sr2022.rzd.ru/ru>, дата обращения 4.05.2025 г.
- 2 Об исполнении поручения Президента по восстановлению курсирования пригородных поездов в регионах / Президент России [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/execution/49603>, дата обращения 24.04.2025г.
- 3 Рубан С.С. Нетрадиционные источники энергии. М.: Энергия, 2003.
- 4 Приказ Министра России от 30.12.2020 N 901/пр «Об утверждении СП 417.1325800.2020 «Железнодорожные вокзальные комплексы. Правила проектирования» [Электронный ресурс] URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_381325/, дата обращения 24.04.2025г.
- 5 Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки М. Энергоатомиздат 1991.
- 6 Лидоренко Н.С., Евдокимов В.М., Стребков Д.С. Развитие фотоэлектрической энергетики. М.: Информ-электро, 1988.

БЕСКОНТАКТНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНЫХ ПАР ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ХОДУ ПОЕЗДА

А. А. Зюганов¹, Г. Г. Киселев²

Введение. За предыдущее десятилетие рост числа грузовых вагонов, выводимых из эксплуатации и попадающих в текущий отцепочный, ремонт значительно увеличился. Согласно статистическим данным, предоставленными проектно-конструкторским бюро вагонного хозяйства (ПКБ ЦВ), в 2019 году в текущий ремонт второго объема (ТР–2) было зафиксировано 805 тысяч отцепленных грузовых вагонов, а уже в прошлом 2024 году – 897 тыс. вагонов, что составляет увеличение за последние шесть лет по сравнению с 2019 годом около 11 % [1].

Чаще всего грузовые вагоны отцепляют от состава из-за неисправностей колесных пар. Статистика свидетельствует, что именно они являются причиной подавляющего большинства отцепок, составляющих около 68 %. За прошедший год наблюдался существенный рост числа грузовых вагонов, снятых с эксплуатации из-за проблем с колесными парами. В 2019 году этот показатель составил 506 тысяч единиц, а в 2024 году он достиг отметки в 610 тысяч. Главной причиной неисправностей оказались дефекты тонкого гребня, зарегистрировано более 420 тысяч случаев, а также повреждения обода колеса, отмечены в 159 тысячах случаев. Увеличение числа отцепок грузовых вагонов из-за тонкого гребня является особенно тревожной тенденцией. В 2024 году число отцепок грузовых вагонов, обусловленных данной причиной, выросло на 42,5 % относительно показателей 2019 года. Более детальная информация о динамике отцепок грузовых вагонов в условиях текущего ремонта (ТР–2) по неисправностям колесных пар представлена на рисунке 1.

¹ Зюганов Александр Андреевич – студент группы ПСЖД-03, институт ТС и ПС

² Киселев Геннадий Геннадьевич – к.т.н., доцент кафедры «Вагонное хозяйство и наземные транспортные комплексы»

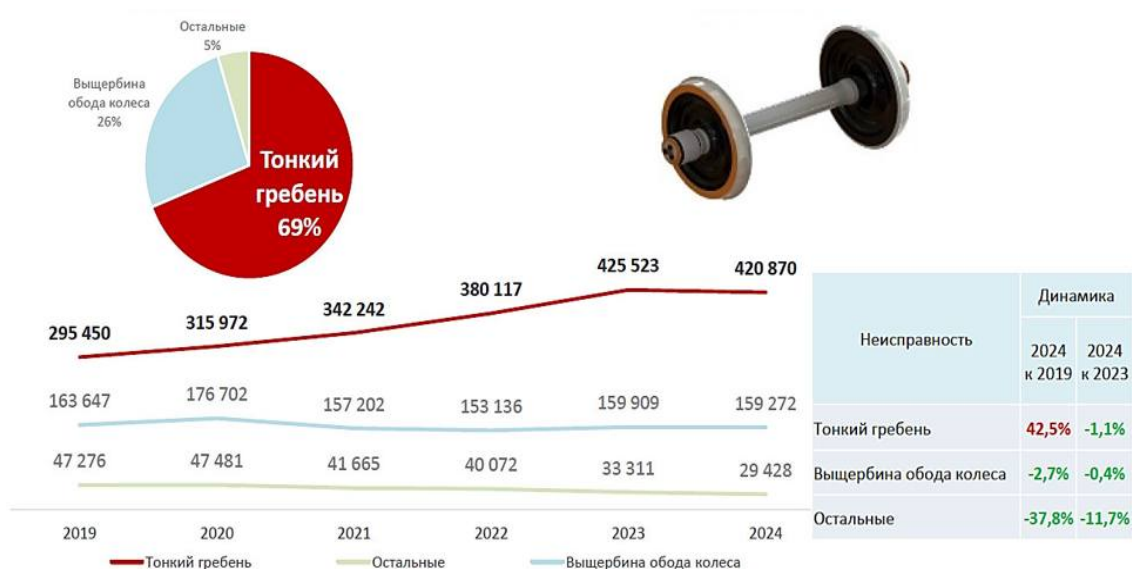


Рис. 1. Динамика количества отцепок грузовых вагонов в Российской Федерации по годам, связанных с неисправностями колесных пар, при проведении текущего ремонта (ТР–2)

Основная часть. В эксплуатационном вагонном депо при осмотре грузовых вагонов на пунктах технического обслуживания (ПТО), с особым вниманием уделяя состоянию колесных пар, применяются проверенные и эффективные инструменты. Для контроля за соответствием колес требуемым параметрам [2] и степенью износа используются ручные механические измерительные устройства. Это могут быть различные шаблоны, скобы и другие приспособления, позволяющие быстро и точно определить, укладываются ли параметры в допустимые пределы [3].

Даже самые точные ручные измерения не лишены погрешности, обусловленной субъективными особенностями человека. Это особенно важно учитывать при работе со сложными и высокоответственными компонентами, такими как, колесные пары. Точность измерений в подобных ситуациях является ключевым фактором, определяющим безопасность и бесперебойную работу подвижного состава. Для достижения наивысшей точности и снижения рисков, автоматизированные системы измерений представляются самым оптимальным выбором [4].

Основными рисками (рисунок 2), возникающие при ручных измерениях геометрических параметров колесных пар являются: субъективная погрешность, дополнительные расходы времени и ресурсов, труднодоступность мест измерений, невозможность выполнения измерений из-за условий окружающей среды.

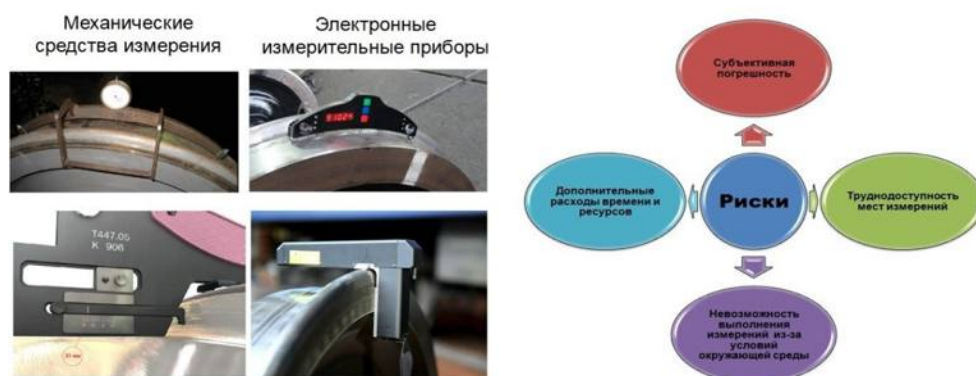


Рис. 2. Риски, возникающие при ручных измерениях геометрических параметров колесных пар

Вместо установившихся традиционных методов стоит задуматься о применении новейших электронных устройств. Их применение может существенно улучшить точность измерений, достигая в некоторых случаях многократного повышения [5].

Для выполнения этой задачи создано множество специальных электронных приборов и устройств. Эти приборы обеспечивают оперативное и высокоточное измерение ключевых параметров, определяющих геометрию колеса [6].

В железнодорожной отрасли внедрение электронных измерительных приборов оказывает существенный положительный эффект. Главное преимущество заключается в возможности осуществлять измерения непосредственно на месте, не прибегая к демонтажу колесных пар с подвижного состава. Такой подход существенно сокращает время, затрачиваемое на диагностику технического состояния подвижного состава [7].

Несмотря на то, что электронные измерительные приборы обладают множеством достоинств, у них всё же есть и свои слабые стороны. Одним из распространенных методов измерения является так называемый контактный или частично контактный способ измерения. Чтобы получить достоверные сведения, требуется непосредственное взаимодействие с объектом. В определенных ситуациях, таких как измерение параметров колеса, подготовка его поверхности может оказаться необходимой, но этот процесс может быть ресурсоемким и занять значительное время.

Хотя современные электронные приборы обладают рядом преимуществ, они пока не могут полностью заменить традиционные механические инструменты для измерения геометрии колесных пар. Этому препятствуют не только финансовые затраты, но и ее ограниченные возможности в сравнении с человеческим опытом и вниманием. Именно поэтому осмотрщик, опираясь на свой профессионализм и наблюдательность, остается важным звеном в процессе контроля этих важных параметров [8].

Основная часть. В настоящее время существующее на инфраструктуре программное обеспечение (ПО) предиктивной аналитики, разработанное по заданию Управления вагонного хозяйства (ЦВ) Центральной дирекции инфраструктуры, введенное в эксплуатацию с 1 июня 2024 года, на основании информации об измерении толщины гребней колёсных пар вагонов, получаемой от эксплуатирующихся на сети цифровых диагностических комплексов «Комплекс–2», а также данных о выполненных ремонтах. С помощью ПО выявлено 159 единиц подвижного состава, имеющих толщину гребня менее установленной в нормативных документах по ремонту узлов и деталей. Устранение выявленных неисправностей производится без ущерба для перевозочного процесса, после прибытия вагона на станцию назначения. Своевременный ремонт грузового вагона предотвращает отцепку вагона в пути следования по причине износа гребня, сохраняя подвижной состав в рабочем состоянии во время плановой эксплуатации. Развитием системы контроля качества ремонта станет расширение перечня контролируемых параметров с применением подходов «Цифрового депо». Одним из ключевых параметров, влияющих на интенсивность износа колёс, является разность их диаметров, которая на одной колёсной паре при выпуске из ремонта не должна превышать 1 мм. Существующие средства диагностики пока не позволяют контролировать указанный параметр с необходимой точностью [9].

ЦВ совместно с разработчиком аппаратуры «Комплекс–2» проводится поиск технических решений данной задачи. При благоприятных условиях опытная эксплуатация модернизированной аппаратуры начнётся уже в первом полугодии 2025-го. Развитие алгоритмов предиктивной аналитики по геометрическим параметрам колесных пар грузовых вагонов показано на рисунке 3.

[illegible]

Рис. 3. Развитие алгоритмов предиктивной аналитики по геометрическим параметрам колесных пар грузовых вагонов

Автоматическая работа установки существенно облегчает процесс измерений. Помимо регистрации показаний, она обеспечивает и визуализацию результатов измерений, а также выдает рассчитанные значения в наглядной для интерпретации форме. [10].



Установка функционирует по принципу лазерного сканирования профиля колеса. Лазерный луч, направленный на измеряемую область колеса, создает отблеск на его поверхности, который формирует четкий контур. Затем, специальные датчики регистрируют этот кон-

тур, являющийся аналоговым сигналом, и преобразуют его в цифровую информацию с помощью АЦП. В результате формируется цифровой профиль колеса, который служит основой для последующих исследований и измерений. Измеренные данные подвергаются тщательной обработке и систематизации. После этого информация надежно хранится и архивируется в памяти центрального компьютера, гарантируя ее долговременную сохранность и возможность последующего изучения. В то же время, результаты измерений визуализируются в интерфейсе рабочего места оператора, что обеспечивает ему возможность оперативного контроля над процессом и принятия своевременных решений. Эффективная работа установки основывается на ряде ключевых элементов. Среди них первичные лазерные датчики, выполняющие функцию высокоточного измерения расстояний и объектов, что в свою очередь является залогом точности получаемых данных. Система функционирует с помощью аналого-цифровых преобразователей, которые берут на себя задачу перевода аналоговых сигналов, поступающих от датчиков, в цифровой формат. Установка оснащена высокотехнологичной цифровой аппаратурой, включающей в себя специализированные контроллеры и вычислительные системы. Они функционируют благодаря уникальному программному обеспечению и отвечают за координирование всех процессов, обработку информации и реализацию требуемых алгоритмов, обеспечивая тем самым высокую эффективность работы всей системы. Эта установка выделяется на фоне конкурентов благодаря ряду неоспоримых преимуществ. Она гарантирует впечатляющую скорость передвижения подвижного состава, которая может достигать 120 км/ч, и отличается высокой точностью измерений, что является залогом надежности и безупречного качества выполняемых задач.

Заключение. Применение инновационных алгоритмов и передовых технических решений расширяет возможности контроля состояния колесных пар железнодорожного подвижного состава. Благодаря этому стало возможным получать точную и достоверную информацию о геометрии колесной пары, отказавшись от трудоемких традиционных измерений [11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Анализ отцепок грузовых вагонов на сети железных дорог по итогам работы вагонного хозяйства за 2024 г. Директор ПКБ ЦВ Рогозин А.Ф. [Электронный ресурс]. URL: <https://opzt.ru/wp-content/uploads/2025/02/vopros-4-rogozin-af-analiz-otcepok-gruzovyh-vagonov.pdf> (дата обращения: 15.04.2025)
- 2 Киселев, Г. Г. Применение эффективных цифровых технологий при измерении геометрических параметров колесных пар / Г. Г. Киселев, А. Д. Протасова // Наука и образование: достижения и перспективы: Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 21 декабря 2023 года. Самара – Саратов: ООО «Амирит», 2023. С. 268–273. EDN JJQNSF.
- 3 Патент на полезную модель № 187866 U1 Российская Федерация, МПК B25F 1/00, B25D 1/00. Молоток осмотрщика вагонов: № 2018147014: заявл. 26.12.2018; опубл. 21.03.2019 / Г. Г. Киселев, Д. С. Дорофеева, заявитель – Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС). EDN RQASNO.
- 4 Киселев, Г. Г. Рационализация процесса технического осмотра подвижного состава / Г. Г. Киселев // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. 2023. № 69. С. 90–99. EDN NXWDHN.
- 5 Протасова, А. Д. Повышение безопасности движения путем достоверного контроля литых деталей грузовых вагонов на ПТО / А. Д. Протасова, Г. Г. Киселев // Обеспечение безопасности движения как перспективное направление совершенствования транспортной инфраструктуры: материалы международной студенческой научно-практической конференции, Нижний Новгород, 07 апреля 2022 года. Нижний Новгород: Филиал СамГУПС в г. Нижнем Новгороде, 2022. С. 138–142. EDN HZZATH.
- 6 Патент на полезную модель № 221093 U1 Российская Федерация, МПК B61K 13/00, B61K 9/12, G02B 23/26. Контрольно-диагностическое устройство для осмотра подвижного состава: № 2023123536: заявл. 12.09.2023; опубл. 18.10.2023 / Г. Г. Киселев, заявитель – Самарский государственный университет путей сообщения. EDN XNDVRD.
- 7 Киселев, Г. Г. Многофункциональная досмотровая штанга осмотрщика вагонов / Г. Г. Киселев // Вагоны и вагонное хозяйство. 2023. № 1 (73). С. 27–28. EDN MPMMJU.
- 8 Киселев, Г. Г. Новые передовые цифровые технологии на ПТО для контроля и прогнозирования технического состояния грузовых вагонов / Г. Г. Киселев // Транспортная наука и инновации: Материалы международной научно-практической конференции, Самара, 01–02 июня 2023 года. Самара: СамГУПС, 2023. С. 31–35. EDN HTUWGA.
- 9 Рыженков, А. А. Разработка робототехнического комплекса для проведения технического обслуживания

грузовых вагонов на ПТО / А. А. Рыженков // Дни студенческой науки: Сборник материалов 47-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 14–30 апреля 2020 года. Том Выпуск 21, Том 1. Самара: СамГУПС, 2020. С. 80–82. EDN TPEIGE.

- 10 Установка автоматизированного бесконтактного измерения геометрических параметров подвагонного пространства. [Электронный ресурс]. URL: <https://npo-kvant.ru/gerpard>. (дата обращения: 20.04.2025)
- 11 Киселев, Г. Г. Автоматизация процедуры выявления неисправностей при техническом обслуживании подвижного состава / Г. Г. Киселев // Вестник транспорта Поволжья. 2025. № 1 (109). С. 49–54. EDN TTYLJU.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ БУКСОВЫХ УЗЛОВ НА ПОДХОДАХ К ПТО

Н. В. Лазаревич¹, Г. Г. Киселев²

Введение. В вагонном хозяйстве наблюдается тенденция к росту количества грузовых вагонов, выводящихся из эксплуатации и направляемых в текущий отцепочный ремонт. Согласно информации, предоставленной проектно-конструкторским бюро вагонного хозяйства (ПКБ ЦВ), являющимся подразделением ОАО «РЖД», количество отцепок за предыдущий ряд лет увеличилось на значительную величину – 11 % (рис. 1). В течение рассматриваемого периода с 2019 по 2024 годы показатель коэффициента отцепок по текущему отцепочному ремонту в отношении к парку подвижного состава сохранился на уровне приблизительно 0,6, что подтверждается результатами 2024 года. Информация об этом содержится в презентации, которая была продемонстрирована ПКБ ЦВ, входящим в структуру РЖД, на очередном заседании объединения производителей железнодорожной техники [1].

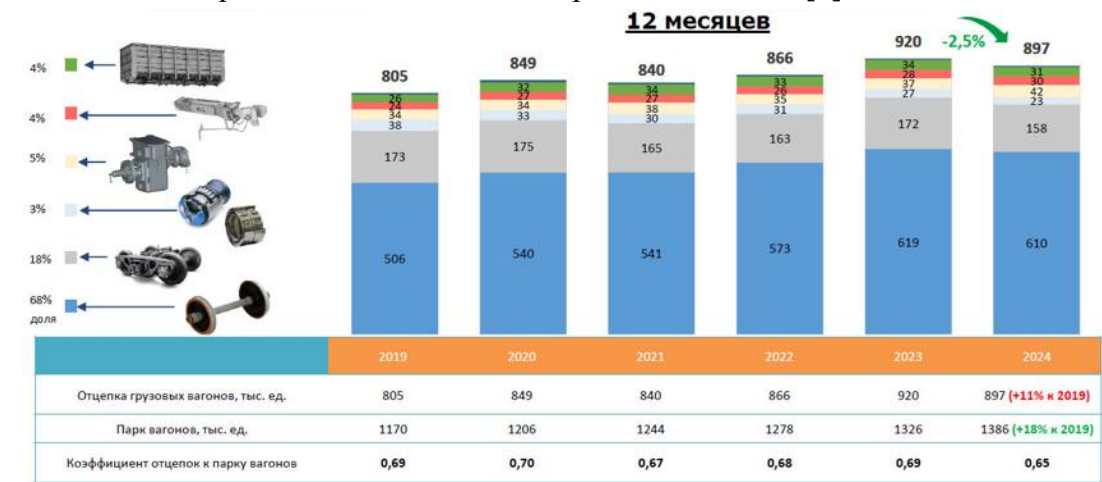


Рис. 1. Динамика отцепок грузовых вагонов РФ в ТР–2 за 2019–2024 гг. (тыс. ед.)

Анализ данных, отображённых на рисунке 1, показывает, что главную долю отказов составляют неисправности, связанные с колесными парами, тележками, буксовыми узлами, тормозными системами, автосцепными устройствами и кузовами.

Самая серьёзная проблема для железнодорожного транспорта возникает, если неисправность обнаруживается во время движения поезда [2]. Неисправность буксового узла у грузового вагона может стать причиной существенных задержек, например, при выводе его с перегона, что, в свою очередь, часто нарушает график движения поездов [3].

Согласно статистическим показателям управления вагонного хозяйства центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД», динамика неисправностей буксовых узлов, приводящих к необходимости отцепки грузовых вагонов в ТР–2, сохраняется на протяжении ряда последних лет (рис.2). В процессе эксплуатации буксовых узлов наиболее частыми причинами неисправно-

¹ Лазаревич Никита Викторович – студент группы ПСЖД-25у, институт ТС и ПС

² Киселев Геннадий Геннадьевич – к.т.н., доцент кафедры «Вагонное хозяйство и наземные транспортные комплексы»

стей являются проблемы с подшипниками, ослабление торцевого крепления, попадание влаги в смазку или ее нехватка, а также повреждение или возникновение трещин на корпусах буксы [4].

Основная часть. Повреждение торцевого крепления буксового узла и смещение относительно оси – опасный дефект, способный спровоцировать сход подвижного состава с рельс с угрожающими для безопасности последствиями. Такая неисправность грозит не только повреждением железнодорожной инфраструктуры, нуждающейся в дорогостоящем восстановлении, но и существенными задержками в работе поездов, нарушающими транспортную логистику и экономические связи [5].

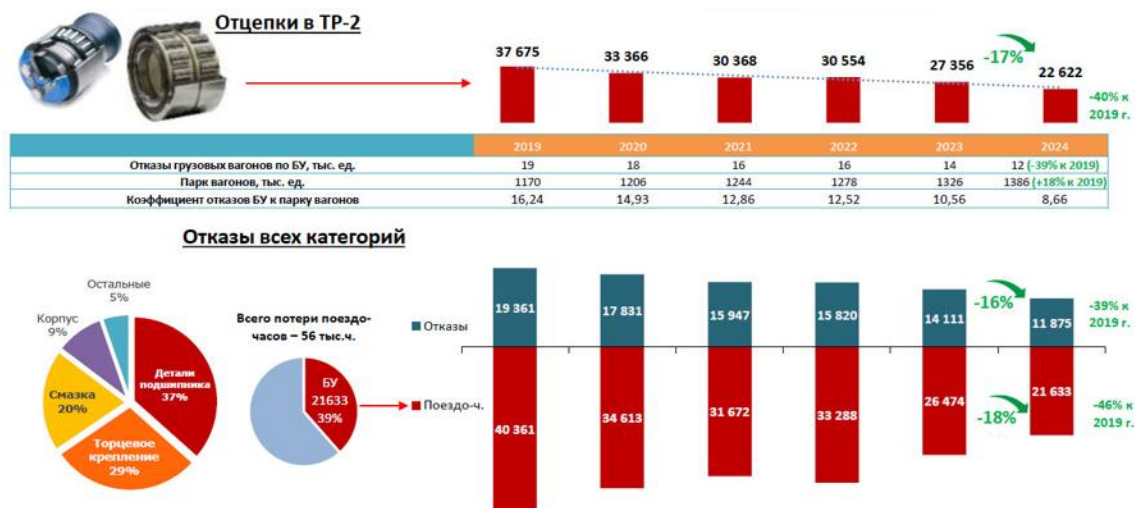


Рис. 2. Динамика отцепок в ТР–2 грузовых вагонов РФ по неисправностям буксовых узлов

Потенциальная проблема такой неисправности кроется по причине того, что на ранних этапах его развития (прежде чем произойдет полное разрушение находящегося в передней части роликоподшипника) температура буксового узла и контрольной крышки не достигнет уровня, который активирует тревожную сигнализацию системы мониторинга КТСМ–02 [6]. Выявление аппаратурой КТСМ–02 сдвига корпуса буксового узла фиксируется в результате его нагрева, как только торцевая гайка начинает соприкасаться с контрольной крышкой, однако в буксовых узлах с креплением подшипников тарельчатыми шайбами этот дефект не определяется. В связи с этим существует риск не выявить потенциально опасную неисправность.

Основная часть. В целях выявления смещений буксовых узлов без их нагрева, рекомендуется дооснастить КТСМ–02 системой автоматического контроля сдвига буксы с шейки оси.

Система автоматического контроля состояния буксовых узлов грузовых вагонов в процессе движения подвижного состава способствует идентификации роликовых букс с поврежденным торцевым креплением и смещенным корпусом относительно шейки оси [7]. Диагностика осуществляется без необходимости нагревания корпуса буксы, а информация о выявленных дефектах оперативно передается оператору ПТО. Расположение устройств напольного оборудования, предназначенных для автоматического контроля сдвига буксы с шейки оси, иллюстрируется рисунком 3.

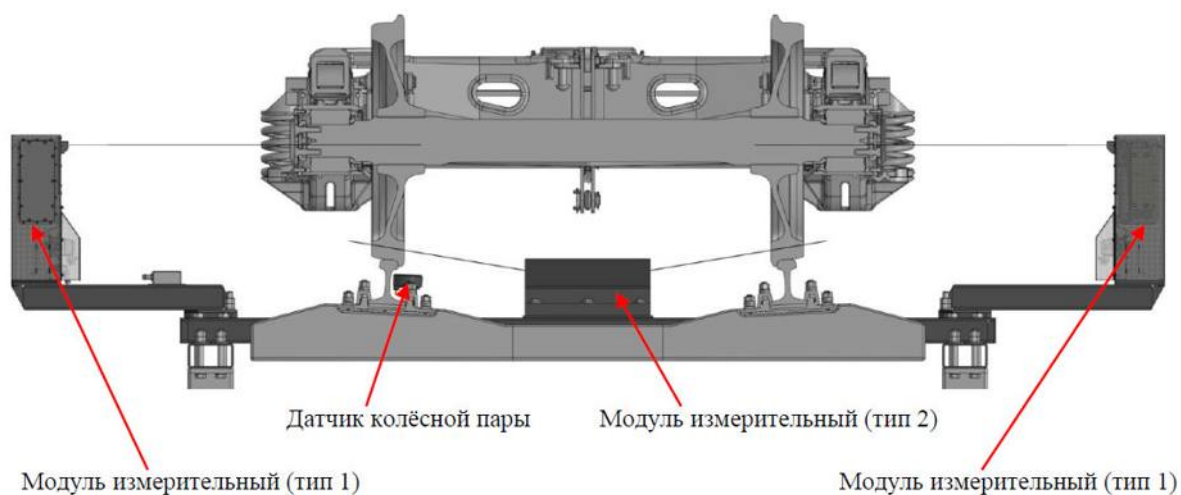


Рис. 3. Схема расположения напольного оборудования системы автоматического контроля сдвига буксы с шейки оси

Принцип работы такой системы заключается в следующем: два высокоскоростных триангуляционных датчика фиксируют расстояние до поверхностей крепительных крышек буксовых узлов колёсной пары. Использование данных от двух измерителей в едином процессе обработки дает возможность не только вычислить интервал между крепёжными элементами корпуса букса, но и определить, насколько это расстояние отклоняется от допустимого значения.

С целью извлечения более точных данных относительно неисправного буксового узла, применяются триангуляционные измерители, установленные во внутреннем пространстве железнодорожного полотна и определяющие дальность до внутренних граней колес.

Система включает в себя раму, на основании которой размещены бесконтактные световые излучатели, соединительные линии и предохранительные экраны для сохранности компонентов от внешних воздействий, таких как атмосферные осадки и пыль. В состав системы также входит пост оператора ПТО, где размещен компьютер, отвечающий за преобразование полученных данных, их визуализацию и возможность печати отчетов. Система, отвечающая за автоматический контроль смещения буксы относительно шейки оси, демонстрирует максимальную точность вследствие мониторинга подвижного состава в процессе движения поезда. Такой подход избавляет в целесообразности верификации дефектов осмотрщиками-ремонтниками вагонов на ПТО, минимизируя влияние субъективных ошибок вследствие распознавания неисправностей [8].

Заключение. Мониторинг технического состояния буксовых узлов подвижного состава дает возможность оперативно обнаруживать и устранять неисправности, которые могут возникнуть во время эксплуатации. Раннее выявление и устранение неработоспособности в составных частях грузовых вагонов позволяет минимизировать риски сбоев, способных спровоцировать аварии и, таким образом, усилить надежность железнодорожного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Анализ отцепок грузовых вагонов на сети железных дорог по итогам работы вагонного хозяйства за 2024 г. Директор ПКБ ЦВ Рогозин А.Ф. [Электронный ресурс]. URL: <https://opzt.ru/wp-content/uploads/2025/02/vopros-4-rogozin-af-analiz-otcepok-gruzovyh-vagonov.pdf> (дата обращения: 15.04.2025)
- 2 Жилин, Г. Э. Мониторинг подвижного состава на основе дистанционного акустического зондирования / Г. Э. Жилин, Г. Г. Киселев // Дни студенческой науки: Сборник материалов 51-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 06–26 апреля 2024 года. Самара: СамГУПС, 2024. С. 104–107. EDN NMJXWV.
- 3 Плотников, В. С. Непрерывный контроль технического состояния грузовых вагонов в эксплуатации / В. С. Плотников // Дни студенческой науки : Сборник материалов 47-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 14–30 апреля 2020 года. Том Выпуск 21, Том 1. Самара: СамГУПС, 2020. С. 78–80. EDN JVYVAM.
- 4 Истомин, Р. Ю. Повышение достоверности диагностирования технического состояния грузовых вагонов

на подходах к ПТО / Р. Ю. Истомин // Дни студенческой науки: Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 06–16 апреля 2021 года. Том 1, Выпуск 22. Самара: СамГУПС, 2021. С. 107–108. EDN FQMPUU.

- 5 Бутров, М. Д. Применение высокотехнологичного оборудования на ПТО при техническом обслуживании ходовых частей грузовых вагонов / М. Д. Бутров // Дни студенческой науки: Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 06–16. Самара: СамГУПС, 2021. С. 102–104. EDN OZVOZM.
- 6 Захарова, Ю. П. Применение автоматизированного диагностического комплекса для выявления неисправностей вагонов на ходу поезда / Ю. П. Захарова, Г. Г. Киселев // Дни студенческой науки: Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. Самара: СамГУП, 2022. С. 121–123. EDN ERTMEA.
- 7 Устройства автоматические для контроля сдвига буксы с шейки оси [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pover.ru/spravochnik-sredstv-izmerenij/89912-23-ustroystva-avtomaticheskie-dlya-kontrolya-sdviga-buks/?ysclid=m9vonlkmth842594984> (дата обращения: 20.04.2025)
- 8 Киселев, Г. Г. Автоматизация процедуры выявления неисправностей при техническом обслуживании подвижного состава / Г. Г. Киселев // Вестник транспорта Поволжья. 2025. № 1 (109). С. 49–54. EDN TTYLJU.

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВАГОНОВ

Ю. А. Печенкина¹, А. Ю. Половинкина²

Введение. Современная экономическая ситуация в различных сферах деятельности предполагает внедрение цифровых технологий в производственные процессы. Одним из наиболее приоритетных направлений развития РФ в период до 2030 года, согласно указу Президента, является масштабная цифровая трансформация.

Она включает переход на роботизированные системы. Важным аспектом реализации данного плана является импортозамещение, заключающееся в максимальном использовании продукции отечественного производства [1].

Целью данного проекта является анализ устройств и систем мониторинга технического состояния, работающих на основе цифровых технологий и искусственного интеллекта, которые можно применять в структурных подразделениях и линейных предприятиях ОАО «РЖД».

Основная часть. Примером успешного использования цифровых технологий на предприятиях железнодорожного транспорта являются системы машинного зрения. С их помощью процесс анализа технического состояния вагона значительно упрощается. Камеры устройства фиксируют информацию, автоматически её анализируют и передают диспетчеру или оператору предприятия. В работе систем машинного зрения задействованы также такие средства, как облачные технологии и обмен видеоданными в режиме реального времени с возможностью их дальнейшей обработки. Примером таких систем может выступать подсистема технического зрения «Техновизор». Её используют для комплексного диагностирования пневматических тормозов, установленных на вагонах, визуального контроля целостности дна вагона и наличия посторонних предметов в подвагонном пространстве [2].

Переход на инновационное оборудование обусловлен следующими задачами:

- увеличение уровня безопасности перевозок;
- оптимизация работ по оформлению документации;
- улучшение координации между различными подразделениями транспортного комплекса;
- мониторинг технического состояния вагонов и ремонтного оборудования и т.д.

Начиная с сентября 2024 года под руководством Управления вагонного хозяйства Центральной дирекции инфраструктуры в сотрудничестве с АО «ВРК–1» реализуется новый проект –

¹ Печенкина Юлия Алексеевна – студент группы ПСЖД-12, институт ТС и ПС

² Половинкина Анна Юрьевна – ст. преподаватель кафедры «ВХНТК»

роботы-собаки. В январе 2025 года их испытания показали себя наиболее успешными. Устройство смогло самостоятельно произвести осмотр грузового вагона, вышедшего из ремонта [3].

По заявлению испытателей, применение роботов-собак позволяет получить объективную информацию о техническом состоянии вагонов с использованием интегрированных систем диагностики, которые передают данные в единый диспетчерский центр. Этот центр собирает и структурирует информацию о каждом вагоне, включающую его паспорт, комплектацию, техническое состояние, пробег, дислокацию и проведённые виды работ.

В электронном устройстве приёмщика вагонов из ремонта автоматически формируется диагностическая карта на детали, в которой их состояние оценивается в полном соответствии с критериями, установленными в Положении о допуске грузового вагона к эксплуатации. Результаты контроля передаются на мобильное рабочее место инспектора вагонов Дирекции инфраструктуры, который принимает решение о допуске подвижного состава на инфраструктуру ОАО «РЖД» [4].

Целью внедрения робопсов в технологический процесс осмотра вагонов после ремонта является их возможность самостоятельно осмотреть вагон на предмет соответствия его требованиям, исключая человеческий фактор при принятии решения о допуске подвижного состава на инфраструктуру.

В ходе разработки роботизированного приёмщика вагонов будут исследованы и протестированы различные методы и инструменты, такие как лазерные сканеры, тензометрические датчики, камеры глубины, что позволит роботу полностью выполнять функции по допуску грузовых вагонов на сеть [5]. Роботы-собаки станут частью цифрового депо. Он будет передавать собранные данные в диспетчерский центр и получать информацию оттуда. Внешний вид робота приведен на рисунке 1.



Рис. 1. Робот-собака

Во время рассмотрения промежуточных результатов проекта определены и дальнейшие задачи по получению необходимых данных от диагностических средств, в том числе средств неразрушающего контроля.

В дальнейшем проект цифрового депо будет масштабирован ещё на несколько предприятий, а до 2035 года все вагоноремонтные депо планируется сделать цифровыми. Найдётся в них место и робособакам. Специалисты НИИАС продолжают развивать прототипы в депо Люблино, чтобы в среднесрочной перспективе представить уже приближённый к требуемому функционалу образец, контролирующий более 90 параметров грузового вагона и готовый заступить на службу в опытном режиме [6].

Как рассказали в РЖД, пока есть три робособаки, которых тестировали учёные из Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (НИИАС).

Полные технические характеристики устройства на данный момент пока что не раскрываются, поэтому в дальнейшем проект будет продолжать совершенствоваться.

Компания завершила осеннюю серию испытаний на «грузонапряжённых» станциях Московского региона. Специалисты тестировали, как роботы выполняют прописанный алгоритм действий, перемещаются по инфраструктуре, а также оценили время автономной работы.

В будущем робособак можно будет использовать для контроля соблюдения охраны труда и транспортной безопасности, считают в ОАО «РЖД».

РЖД не первая компания, которая тестирует робособак в России. Например, в декабре 2024 года VisionLabs вместе с «Лабораторией новых продуктов» испытывала робопсов на строительной площадке Фонда Международного медицинского кластера в Москве [7].

С использованием компьютерного зрения возможно в режиме реального времени отслеживать соблюдения правил техники безопасности и требований охраны труда. Помимо этого, по специальному запросу, робот может распознать ситуации, влекущие за собой получение травмы на производстве: падения, драки, забытые инструменты, нахождение оборудования или сотрудников в запрещенных местах. Эти возможности могут оказать пользу при осуществлении работ на предприятиях вагоноремонтного комплекса и ОАО «РЖД» в целом.

Заключение. Внедрение робособак в рабочие процессы вагоноремонтных депо и других предприятий может значительно повысить эффективность и безопасность работ. Их использование в перспективе позволит избавиться от влияния человеческого фактора.

Роботы, оснащенные компьютерным зрением, способны выполнять множество задач: от мониторинга соблюдения правил безопасности до диагностики состояния вагонов после ремонта. Это открывает новые горизонты для автоматизации процессов, что особенно актуально в условиях растущих требований к безопасности и эффективности на инфраструктуре ОАО «РЖД».

В будущем использование роботов-собак планируется и на других предприятиях, что уже сейчас свидетельствует об их успешности и потенциале. С учетом того, что к 2035 году все вагоноремонтные депо должны стать цифровыми, можно ожидать значительных изменений в подходах к обслуживанию и ремонту подвижного состава.

В перспективе использование робопсов возможно не только на ВРК, но и на ПТО. Это значительно облегчит труд осматривщиков и обезопасит процесс осмотра в труднодоступных местах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Половинкина А. Ю. Цифровая трансформация как фактор повышения эффективности работы подразделений ОАО «РЖД» // Наука и образование транспорту. 2023. № 2. С. 69–71. EDN BHBVJX.
- 2 Гулый И. М. Эффективность цифровизации железнодорожных компаний – операторов вагонного парка // Транспортное дело России. 2022. № 4. С. 196–199. DOI 10.52375/20728689_2022_4_196. EDN TMUWZF.
- 3 Иванцова К. Ю. Возможности использования роботов-собак // Пермский период: Сборник материалов научно-практической конференции в рамках VII Международного научно-спортивного фестиваля курсантов и студентов. В 2-х томах, Пермь, 22 мая 2020 года / Составитель В.А. Овченков. Том I. Пермь: Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний, 2020. С. 190–192. EDN OOKFOB.
- 4 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023613593 Российская Федерация. Программа автономного позиционирования с использованием визуального ориентирования наземного робототехнического комплекса «Робот-собака»: № 2023612448; заявл. 09.02.2023; опубл. 16.02.2023 / Д. А. Гаврилов, А. А. Фортунатов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «НЕРСТЕХ». EDN AWKOZC.
- 5 Воеводина С. П., Жебанов А. В. Ремонт грузовых вагонов при использовании цифровых технологий // Наука, образование, транспорт: актуальные вопросы, приоритеты, векторы взаимодействия : материалы II Международной научно-методической конференции: в 3 частях, Оренбург, 08–09 ноября 2023 года. Оренбург: СамГУПС, 2023. С. 213–217. EDN LDAXOO.
- 6 Жебанов А. В., Коркина С. В. Современные тенденции в обеспечении бесперебойности перевозочного процесса железнодорожного транспорта // Вызовы и решения для бизнеса: ВЭД в новых реалиях : сборник материалов III Международного внешнеэкономического научно-практического форума, Москва, 14 декабря 2022 года. Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2023. С. 119–122. EDN TUWQBI.
- 7 Федорова Д. В. Использование технологий искусственного интеллекта в строительстве: современные тенденции и перспективы развития // Вестник евразийской науки. 2024. Т. 16, № 3. С. 79. EDN YVENTG.

СЕКЦИЯ 3

Железнодорожный путь и строительство

ПОВЫШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Г. П. Капишников¹, С. В. Соколова²

Введение. Сегодня актуальной проблемой в производстве промышленных тепловых агрегатов является изготовление жаростойких бетонов с использованием местных строительных материалов, в частности, с применением отходов промышленных производств [1–2].

Основным направлением в решении данного вопроса является применение эффективных строительных материалов, снижение материалоемкости, повышение механизации и индустриализации строительства [3–4].

Улучшение эксплуатационных характеристик изделий, внедрение безотходных технологий в производство является приоритетным направлением в решении экологической проблемы и экономической составляющей [5].

Методы решения задачи

Были проведены исследования по проектированию жаростойкого композита – теплоизоляционного материала для печей промышленных производств, в частности для тепловых агрегатов в котельных на железнодорожном транспорте на жидком стекле. Бетоны на жидком стекле имеют преимущество перед вяжущими гидравлического твердения в том, что могут не снижать прочности при нагревании [6–9].

В состав бетона включались: керамзитовый гравий (180 гр); отработанный катализатор ИМ–2201 (12 гр); кремнефтористый натрий (12 гр); жидкое стекло (105 гр).

В данных исследованиях применялся керамзитовый гравий, полученный в лабораторных условиях из глины Никольского месторождения Самарской области Безенчукского района.

Известно [10], что сырьем для производства керамзитового гравия служат легкоплавкие глинистые породы, обладающие способностью при быстром обжиге вспучиваться в природном виде и с добавками, образующие материалы ячеистой структуры.

Определялся гранулометрический состав глин. Все минералы, входящие в состав полиминеральных легкоплавких глин, подразделяются на первичные и вторичные. К первичным минералам относятся минералы, входящие в состав материнских пород, подвергшихся выветриванию, к вторичным – минералы, образовавшиеся в процессе выветривания, переотложения и преобразования пород.

Гранулометрический состав глин оказывает большое влияние на скорость, температуру и полноту протекания физико-химических процессов при обжиге.

Гранулометрический состав определяется по методу Рутковского [10]. Результаты испытаний приведены в таблице.

¹ Капишников Гордей Петрович – студент группы СЖД-32, институт ТСПС

² Соколова Светлана Владимировна – доцент кафедры «Железнодорожный путь и строительство»

Гранулометрический состав Никольской глины

Проба глины	содержание глинистых частиц (%)	содержание пылевидных частиц (%)	содержание песчаных частиц (%)
1	11,35	43,15	45,5
2	10,21	56,79	33
3	10,21	65,79	24

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что глина Никольского месторождения относится к суглинкам.

Никольская глина испытывалась на огнеупорность. Огнеупорностью называют свойство глин противостоять, не расплавляясь, воздействию высоких температур. Характеристикой огнеупорности является температура, при которой образец испытуемого материала в виде усеченной трехгранной пирамиды («конуса») пород влиянием собственного веса деформируется, так, что его вершина, опускаясь, коснется подставки, на которой укреплены образцы. Огнеупорность глин зависит от минералогического состава. Высокой огнеупорностью обладают глины каолиновые, монтмориллонитовые. Наличие примесей кальцита CaCO_3 , гипса CaSO_4 , гематита Fe_2O_3 , лимонита $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, полевых шпатов и др. снижает огнеупорность. По огнеупорности глины классифицируют на: легкоплавкие (1350°C); тугоплавкие ($1350\text{--}1580^\circ\text{C}$), огнеупорные (более 1580°C).

Для определения огнеупорности Никольской глины готовились образцы–пирамидки. Подставку для испытуемых образцов готовили из огнеупорной массы (смесь шамота и Никольской глины 1:1). Огнеупорность подставки должна быть ниже огнеупорности испытуемого материала. Сформированные и высушенные образцы устанавливали на свежеформованную огнеупорную подставку, вдавливая их в массу подставки на глубину 2–3 мм строго перпендикулярно к основанию. На одну подставку устанавливали по три образца. Подставка с образцами высушивалась до постоянного веса и устанавливалась в электрическую печь, нагретую до температуры 1000°C . После введения образцов продолжали подъем температуры со скоростью 15°C в минуту. Температуру, при которой вершины конусов коснулись основания подставки принимали за огнеупорность. Огнеупорность исследуемой глины оказалась 1320°C . Отсюда следует вывод, что глина Никольского месторождения относится к легкоплавким.

Наши исследования заключались в получении керамзитового гравия, обладающего следующими свойствами: насыпная плотность $1300\text{--}1600\text{ кг/м}^3$; прочность на сжатие $400\text{--}600\text{ кг/см}^2$; водопоглощение 1–2 %.

С целью получения стекловидной поверхности и снижения температуры обжига в состав глиномассы вводились добавки натриевых и калиевых кислот. Для увеличения вспучиваемости вводились отходы промышленного сернокислотного производства пиритные огарки.

На основе полученного в лабораторных условиях керамзитового гравия, жидкого стекла, отработанного катализатора ИМ–2201 и кремнефтористого натрия был изготовлен жаростойкий бетон, имеющий прочность при сжатии после обжига при температуре 600°C 1,5 МПа, что соответствует требованиям, предъявляемым к теплоизоляционным жаростойким бетонам.

Выводы

1. Были исследованы пробы глины Никольского месторождения Самарской области. Изучался гранулометрический состав и огнеупорность глины, в результате чего было выявлено, что данная глина относится к легкоплавким суглинкам. С целью приготовления на данной глине керамзитового гравия, в глиняную массу в качестве вспучивающей добавки вводился отход сернокислотного производства – пиритные огарки.

2. На основе керамзитового гравия, изготовленного в лабораторных условиях из глины Никольского месторождения, жидкого стекла, кремнефтористого натрия и добавки отработанного катализатора ИМ–2201 был изготовлен жаростойкий бетон, имеющий прочность при сжатии после обжига при температуре 600°C 1,5 МПа, что соответствует требованиям, предъявляемым к теплоизоляционным жаростойким бетонам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Актуальные проблемы развития нормативной базы производства и эксплуатации жаростойких бетонов / Р. Я. Ахтямов, Р. М. Ахмедьянов, Е. А. Гамалий, Г. Ф. Аверина // Строительные материалы. 2023. № 7. С. 4–11.
- 2 Исследование возможности получения жаростойких бетонов на основе серпентин–фосфатных композиций / А. А. Орлов, Г. Ф. Аверина, Д. В. Ульрих, М. В. Криушин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2021. № 7 (751). С. 122–128.
- 3 Miryuk, O. A. Porous composite material based on liquid glass / O. A. Miryuk // Комплексное использование минерального сырья. 2022. No. 4 (323). P. 15–22.
- 4 Butman, M. F. Complex deflocculent based on soda, liquid glass and oxyethylidenediphosphonic acid in ceramic casting technology / M. F. Butman, N. V. Filatova, G. P. Kozlovskaya // ChemChemTech. 2020. Vol. 63, No. 7. P. 31–40.
- 5 Соколова С.В. Вторичное использование глиноземсодержащих отходов промышленности для синтеза жаростойких бетонов / Баранова М.Н., Васильева Д.И., Холопов Ю.А.// Строительные материалы. 2023. № 4. С. 20–23.
- 6 Akhmedov, V. N. Synthesis and IR–spectral analysis of Thermostable substance based on liquid glass and silicagel / V. N. Akhmedov, Kh. Ib. Akhmedov // Universum: chemistry and biology. 2024. No. 12–2 (126). P. 68–71.
- 7 Ibragimov, Sh. Optimization of the crystallization process in the production of sodium silicate pentahydrate from liquid glass / Sh. Ibragimov // Universum: технические науки. 2024. No. 7–6 (124). P. 11–15.
- 8 Получение керамики на основе Габбро с калиевым жидким стеклом в качестве связующего компонента / Е. Н. Печенкина, С. В. Фомичев, А. Н. Комилов, В. А. Кренев // Стекло и керамика. 2021. № 9. С. 12–15.
- 9 Зайцева, А. А. Перспективные теплоизоляционные материалы на основе стеклобоя и жидкого стекла / А. А. Зайцева, Е. И. Зайцева, С. В. Самченко // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28, № 1. С. 17–20.
- 10 Федоров В.П. Высокопрочный керамический гравий для бетонов / В.П. Федоров, А.И. Хлыстов // Сб. трудов Саратовского политехнического института. Саратов: Саратовский политехнический ин–т. 1974. 140 с.

СТРУКТУРНАЯ МОДИФИКАЦИЯ КОМПОЗИТОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Б. И. Федчун¹, С. В. Соколова²

Введение. Одним из основных направлений в производстве бетонов является повышение индустриализации строительства [1–5]. Этого возможно достичь, используя в качестве тонкомолотых добавок отходы промышленных производств, что позволяет снижать энергозатраты, материалоемкость [6–10].

Повышение физико-механических показателей материалов, применение местных материалов и отходов промышленных производств является ключевым вопросом в решении экологической и экономической проблемы [11–13].

Основная часть. Авторами статьи проводились исследования по модификации бетонов специального назначения: жаростойких бетонов и гипсобетона для изготовления стеновых панелей для зданий промышленного и гражданского назначения с помощью извести в качестве добавки.

Модификация жаростойких бетонов

С целью изучения процесса структурной модификации жаростойких бетонов растворами фосфатов были применены бетоны на глиноземистом цементе.

Изготавливалась серия образцов, имеющих следующий состав: 1) глиноземистый цемент 660 гр; шамотный песок 1340 гр; 2) глиноземистый цемент 600 гр; шамотный песок 1340 гр; известь-пушонка (10 %) 34 гр. с размерами 50×50×50 мм. После чего производилась их пропитка в естественных условиях ортофосфорной кислотой с концентрацией 30 %. Известь-пушонка вводилась в состав в качестве активатора физико-химических процессов. Затем образцы подвергались нагреванию при температуре 800 °С 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 глиноземистом цементе с добавкой и без добавки извести были следу-

¹ Федчун Булат Ильич – студент группы СЖД-32, институт ТСПС

² Соколова Светлана Владимировна – доцент кафедры «Железнодорожный путь и строительство»

ющие: первый состав: 32 кгс/см²; второй состав: 48 кгс/см². Таким образом, наибольшей прочностью обладают образцы на глиноземистом цементе, в составе которых присутствует известь-пушенка (10 %).

Модификация гипсобетона

Большое внимание уделяется развитию производства строительных материалов на основе гипсовых вяжущих. Но гипсовый раствор, как известно [14] является средой, в которой развивается коррозия. С целью защиты высокопрочного гипса от коррозии проводились исследования по влиянию специальных добавок.

Добавка NaOH в состав гипсобетона была введена с целью повышения щелочной среды. NaOH вводился в состав гипсобетона с водой затворения в количестве 0,02 %; 0,08 %; 0,2 %; и 1 %. Для выяснения защитного действия NaOH против коррозии стали в гипсобетоне измерялась величина pH водных вытяжек из гипсобетона, а также изготавливались образцы, в которые закладывались стальные пластинки. Все образцы хранились в эксикаторах с относительной влажностью воздуха 80 %.

Значения pH в гипсобетоне с различными добавками NaOH приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что в начале происходит повышение pH бетона, но затем щелочность среды понижается. Даже наибольшее значение pH=10,96 для состава с добавкой 1 % NaOH после тридцати суток хранения образцов не обеспечивает пассивации стали.

Стальные пластинки, извлеченные из гипсобетонных образцов, были покрыты значительной коррозией для всех составов.

Таким образом, добавка NaOH в количестве 1 % от веса гипса не обеспечивает защиты арматуры от коррозии. Добавка же NaOH свыше 1 % будет не экономичной.

Таблица 1

Значения pH гипсобетона с добавкой NaOH

№№ п/п	Количество NaOH, добавляемого к гипсобетону, в %	Значение pH при длительности хранения образцов, в сутках				
		1	3	7	15	30
1	0,02	7,67	8,40	8,64	8,46	8,12
2	0,08	7,92	8,65	8,65	10,60	9,24
3	0,2	8,71	9,00	9,25	10,20	9,00
4	1,0	12,85	11,40	11,47	11,28	10,96

Покрывание гипсобетона кремний-органической жидкостью ГКЖ-11

Исследования показали, что главнейшим фактором образования и развития коррозии арматуры в гипсобетоне является влага. Поэтому была исследована возможность защиты арматуры от коррозии путем исключения увлажнения гипсобетона.

Для этой цели гипсобетонные образцы с заложенными в них стальными пластинами после высушивания покрывались водным раствором кремний-органической жидкостью ГКЖ-11. Концентрация раствора была 3 и 5 %. Кроме того, производилось покрытие гипсобетона неразбавленной кремний-органической жидкостью ГКЖ-11. Покрывание производилось за два раза. После высушивания образцы, подвергались попеременному увлажнению и высушиванию по следующему режиму: нахождение в воде – 1 сутки, высушенные в естественных условиях – 7 суток.

Исследования показали, что лучшим является покрытие гипсобетона пятипроцентным раствором ГКЖ-11. Однако, и это покрытие не дает полной защиты арматуры от коррозии: уже после 3-х циклов попеременного увлажнения и высушивания арматура имела значительную коррозию (7,5 г/м²), которая в дальнейшем увеличивается.

Изучение зависимости прочности гипсобетона на высокопрочном гипсе от добавки извести

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. Испытания дали следующие ре-

зультаты: высокопрочный гипс – 353 кг/см²; высокопрочный гипс + 5 % извести – 345 кг/см²; высокопрочный гипс + 10 % извести – 373 кг/см².

Выводы:

1. С целью изучения процесса структурной модификации жаростойких бетонов осуществлялась их пропитка ортофосфорной кислотой с концентрацией 30 %, что показала удовлетворительные результаты по прочностным характеристикам.

2. Из исследованных способов защиты арматуры в гипсобетоне от коррозии надежной оказалась добавка 10 % извести негашеной молотой по весу высокопрочного гипса. Решение вопроса о защите стальной арматуры открыло для производства возможность использования его в гипсобетонных панелях с целью повышения качества и снижения стоимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Соколова С.В. Перспективы применения промышленных отходов для повышения долговечности и огнестойкости жаростойких бетонов / Баранова М.Н., Васильева Д.И., Холопов Ю.А. // Строительство и реконструкция. 2023. № 2 (106). С. 123–133.
- 2 Токарева С.А., Кабанова М.К. Утилизация крупнотоннажных отходов: переработка, обезвреживание и получение полезной продукции // Строительные материалы. 2022. № 5. С. 25–29.
- 3 Ахтямов Р.Я., Ахмедьянов Р.М., Гамалий Е.А., Аверина Г.Ф. Актуальные проблемы развития нормативной базы производства и эксплуатации жаростойких бетонов // Строительные материалы. 2023. № 7. С. 4–11.
- 4 Пузатова А.В., Дмитриева М.А., Захаров А.А., Лейцин В.Н. Зола–уноса при производстве бетонов различного назначения и сухих строительных смесей // Строительство и реконструкция. 2023. № 5 (109). С. 132–147.
- 5 Литвинова Т.Е., Сучков Д.В. Комплексный подход к утилизации техногенных отходов минерально–сырьевого комплекса // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 6–1. С. 331–348.
- 6 Ткач Е.В., Рахимов А.М. Пеностеклокристаллический пористый заполнитель на основе техногенных отходов для легких бетонов // Строительство и реконструкция. 2022. № 6 (104). С. 140–148.
- 7 Танг В.Л., Фам Д.Л., Нгуен Б.Б., Булгаков Б.И., Баженова С.И. Газобетоны на геополимерном вяжущем из техногенных отходов // Строительные материалы. 2023. № 11. С. 63–69.
- 8 Chang Sun, Lulu Chen, Jianzhuang Xiao, Amardeep Singh, Jiahao Zeng Compound utilization of construction and industrial waste as cementitious recycled powder in mortar // Resources, Conservation and Recycling. 2021. Vol. 170. P. 105561.
- 9 Abyzov V.A. Refractory cellular concrete based on phosphate binder from waste of production and recycling of aluminum // Procedia Engineering. 2017. No 206. P. 783–789.
- 10 Abyzov V., Kononova V. Refractory concretes with additives of fine-milled high-alumina industrial waste // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 451. P. 012040.
- 11 Очкина, Н. А. Тепловыделение высокоглиноземистого цемента в процессе гидратации / Н. А. Очкина / Региональная архитектура и строительство. 2022. № 3 (52). С. 96–100. DOI 10.54734/20722958_2022_3_96. EDN ADHQQW.
- 12 Лищенко, А. Н. Исследование жаростойких пенобетонов на основе глиноземистых цементов / А. Н. Лищенко // Современное промышленное и гражданское строительство. 2023. Т. 19, № 4. С. 183–190. EDN QAENYT.
- 13 Очкина, Н. А. Кинетика набора прочности высокоплотных композитов особого назначения / Н. А. Очкина, И. А. Очкин // Региональная архитектура и строительство. 2023. № 4 (57). С. 74–79. DOI 10.54734/20722958_2023_4_74. EDN SPSAAP.
- 14 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.

КОНЦЕПЦИЯ ПОКРОВНЫХ ОЛЕДЕНЕНИЙ КАЙНОЗОЙСКОЙ ЭРЫ В РЕКОНСТРУКЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

В. М. Бусалова¹, А. А. Жвавая², С. Е. Власова³

Цель исследования – анализ ледниковых событий кайнозойской эры. Выявление причин, повлиявших на периоды оледенения и потепления Земли.

Задачи исследования – анализ условий образования четвертичных оледенений, определение их взаимосвязи с оледенениями древних эпох, оценка роли покровных оледенений на климатические процессы.

В обозримой истории Земли насчитывается не менее 20 ледниковых периодов. Подробное изучение изотопов кислорода в позднем кайнозое и частично в палеозое показало, что климатические колебания происходили с периодами от 400 – 500 тысяч лет до 20 тысяч лет.

Концепция покровных четвертичных оледенений имеет решающее значение не только для реконструкций прошлого, но и для прогнозирования климата на Земле. Концепция предоставляет важнейшую информацию о динамике ледниковых щитов, которые взаимодействуя между атмосферой, океаном и криосферой повлияли на климатические изменения, на экосистему и физико-географическую обстановку в различные периоды геологической истории Земли.

Условия зарождения и развития ледников определяются сложным взаимодействием температуры и обильных твёрдых осадков в виде снега, накапливающихся, в основном, выше «снеговой линии». Изменение высоты «снеговой линии» зависит от отрицательной радиационной составляющей баланса на поверхности с высокой отражательной способностью свежевыпавшего снега и затмения. Основное направление развития ледников – север и запад. Положительный баланс ледника образуется при превышении снега в области питания (аккумуляции), накопленного на леднике, над массой снега и льда, растаявшего в летние месяцы. Если ледники на протяжении нескольких лет остаются отрицательными, то их толщина в области абляции сокращается в результате выдувания снега, таяния и откалывания. Горные ледники отличаются достаточно большим количеством форм и отличаются сравнительно маленьким размером, так как температура на вершине не успевает повышаться. Покровные ледники, находясь на большой глубине под давлением, приобретают свойства, способствующие их перемещению из-за низкого расположения «снеговой линии». Типы ледников и условия образования влияют на их скорость перемещения (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика современных ледниковых покрытий

Тип ледника	Местоположение	Размер	Скорость, м/год
Горный	Горный рельеф, вершины: Камчатка, Алтай, Северный Кавказ, Гималаи, Анды, Альпы	Общая площадь 22,74 км ²	100 – 300
Плоскогорный	Приполярные районы. Скандинавия	Количество – 1 600 ед. Общая площадь 5000 км ²	3 – 10, редко до 40
Покровный	Полярные области: Антарктида, Гренландия и крупные арктические острова	Толщина 2 км – 4 км, площадь 96 % от всех ледников, площадь 16,055 млн км ²	от см/год до км/год

Современные ледники покрывают около 16,3 млн км² земной поверхности. Под давлением накопившейся масс снега ледники движутся по своему ложу, изменяя рельеф и перенося огромные массы обломочного материала. Лёд обладает способностью под влиянием силы

¹ Бусалова Валерия Максимовна – студент группы СЖД-33, институт ТСПС

² Жвавая Анна Алексеевна – студент группы СЖД-33, институт ТСПС

³ Власова Светлана Евгеньевна – ст. преподаватель кафедры «Железнодорожный путь и строительство»

тяжести течь с различной скоростью, которая возрастает при достижении температуры, близкой к температуре плавления от -1°C до -2°C . В геологическом прошлом неоднократно бывали периоды, когда ледники занимали большую площадь, чем в настоящее время.

Комплексные геологические исследования на огромных территориях, наряду с разработкой и активным использованием радиоизотопных, палеонтологических и хемотратиграфических методов датировки горных пород, позволили существенно расширить знания распространения древних оледенений Земли (табл. 2).

Таблица 2

Чередование периодов древних оледенений и потепления

Наименование	Период существования	Характеристика периода
Каапвальской гляциоэры	2,95–2,9 миллиарда лет назад	Тиллиты с абразией, дропстоуны.
Позднеархейская термоэра	2,9–2,4 млн лет назад	Не обнаружено.
Гуронская гляциоэра ранне-протерозойская	2,4–2,2 млн лет назад	Широкомасштабное оледенение. Три ледниковые формации, разделённые различными моренно– гляциальными отложениями.
Великая ледниковая пауза	2,2 – 0,75 млн лет назад	Климат быстро сменился на тёплый и аридный. Следы и находки во время этого периода редкие и сомнительные. Продолжительность 1450 миллионов лет.
Африканская гляциоэра: 1. Кайгас 2. Рэпитен 3. Стерт 4. Марино 5. Гаскье 6. Байконур	750–540 миллионов лет назад: 754 млн лет назад 723–710 млн лет назад 660 млн лет назад 640–630 млн лет назад 584–582 млн лет назад 547–542 млн лет назад	Шесть ледниковых периодов, связанных с крупными залежами железных руд, сланцев, содержащих рассеянные гальки, а также тиллиты докембрийских массивов Центральной Европы.
Ранне–палеозойская термоэра	Кэмбрий – поздний ордовик. 540 – 440 млн лет назад	Распространены красноцветные карбонатные отложения, каолинистые глины и солеродные бассейны.
Гондванская гляциоэра: 1. Раннепалеозойский гляциопериод. 2. Позднедевонский – раннекарбонный гляциопериод. 3. Среднекарбонный гляциопериод. 4. Раннепермский гляциопериод. 5. Позднепермский гляциопериод.	440 – 260 млн лет назад	Выделяются пять гляциопериодов. В ряде разрезов они содержат признаки ледникового происхождения: <i>дроппстоуны</i> , <i>тилловые пелеты</i> , <i>гранёные и штрихованные камни</i> .
Мезозойско-палеогеновая термоэра	250 – 35 млн лет назад	Тёплый, влажный климат. Редкие находки дропстоунов свидетельствуют о наличии сезонных льдов.
Антарктическая гляциоэра	35 млн лет назад по настоящее время	Возникновение шельфовых ледников Роне и Росса.

Последние 3 миллиарда лет геологической истории Земли разделены на пять *гляциоэр* – периоды с оледенениями и межледниковыми эпохами и четыре *термоэры* – длительные периоды без признаков оледенения (табл. 2). Сложность геологических процессов, протекавших в межледниковые эпохи и периоды, прослеживается в отложениях тиллитов, принесённых издалека, гранённых и штрихованных экзарацией по пути переноса, а также вытаявших из айсбергов камней-дроппстоунов и др.

Современное оледенение – Антарктическая (Лавразийская) гляциоэра началась 35 миллионов лет назад в Кайнозойскую эру. Из-за колебания климата в позднем плиоцене и чет-

вертичном периоде произошло значительное похолодание и оледенение Северного полушария. Ледник покрыл Антарктиду, прилегающие острова и Гренландию толщиной в несколько километров. В начале кайнозоя в палеоцене и эоцене климат Земли оставался безледниковым, тёплым. Постепенное похолодание началось в Антарктиде во второй половине эоцена. Началось движение ледниковых «языков», достигавших бровки шельфа. Предположительно так возникли шельфовые ледники Роне и Росса. В конце олигоцена и начале миоцена происходили температурные колебания, в результате чего объём ледникового щита Антарктиды то сокращался на 25 %, то достигал современного континентального объёма.

Поздний плиоцен и четвертичный период характеризовались быстрым прогрессивным похолоданием. Одновременно началось континентальное оледенение в Северном полушарии, на севере Евразии и на Аляске (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика ледниковых событий кайнозойской эры

Эра	Период	Отдел (система)	Начало, млн лет назад	Климат
Кайнозойская (KZ) около 66 млн лет	Четвертичный (антропогеновый) Q	Голоцен	около 2,0	Быстрое прогрессивное похолодание
		Плейстоцен		
		Эоплейстоцен		
	Неогеновый N	Плиоцен	25±2	Кратковременное потепление 3,3–3,15 млн лет назад
		Миоцен		Сильные колебания климата и объёма ледникового щита
	Палеогеновый P	Олигоцен	66±3	В конце олигоцена произошло потепление
		Эоцен		Безледниковый, тёплый. Во второй половине началось похолодание. Зарождались горные ледники, которые быстро достигли бровки шельфа.
		Палеоцен		Безледниковый, тёплый

В целом, в течение позднего кайнозоя можно наметить три главных ледниковых максимума: **в олигоцене, в конце миоцена и в конце плиоцена**. Все ледниковые события позднего кайнозоя осложнялись циклами климатических колебаний, причиной которых стали колебания солнечной инсоляции (табл. 4).

Таблица 4

Циклы ледниковых событий позднего кайнозоя в Антарктиде и Северном полушарии

Причины	Цикл периодичности, тысяч лет
Прецессионные	19–24
Наклон земной оси	39–41
Орбитальные отклонения	95–131 и 405

В отложениях, пробуренных на ледниковом шельфе Росса за последние 4 миллиона лет, насчитывается 32 ледниковых – межледниковых цикла продолжительностью около 125

тыс. лет. В Восточной Европе с начала плейстоцена до начала голоцена зафиксировано 15 ледниковых эпизодов.

Причины возникновения оледенений – это сложная и до конца не решённая загадка. На первое место выходит причина, заключающаяся в воздействии геодинамических, геохимических и биологических процессов. В раннем ледниковом периоде, в архее и протерозое, скорее всего, причины связаны с появлением фотосинтеза и насыщением атмосферы кислородом.

В дальнейшем в протерозое и фанерозое основную роль в климатических изменениях играли геодинамика и вулканизм:

1. Повышение содержание парниковых газов в атмосфере в результате усиления мантийного – плюмового вулканизма приводило к потеплению, и наоборот.

2. Совпадение плюмового вулканизма с субдукцией приводило к дальнейшему изъятию углерода из биосферы и захоронению его в мантии, что усиливало процесс охлаждения.

3. Дополнительное снижение температуры на планете было связано с уменьшением прозрачности атмосферы в результате многочисленных выбросов вулканического пепла и песка, оседание которых продолжалось в среднем до 5 лет и более.

4. Климатические изменения на планете связывают также с изменением формы орбиты и ориентации оси вращения Земли, вызывающих циклические изменения солнечной энергии, смещение точек равнодействия, вызывающих наступление ледниковых эпох.

Заключение. Устойчивость ледникового покрытия имеет критическое значение для уровня Мирового океана и безопасности прибрежных регионов, таких как Голландия на западе Нидерландов, Бельгия и др. Возможны катастрофические последствия, связанные с таянием ледников и территорий с вечной мерзлотой. Поэтому необходим мониторинг, комплексное исследование ледников и стратегическая разработка мероприятий, снижающих негативное воздействие на планету.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Геология: учебник для среднего профессионального образования / Ж. В. Семинский, Г. Д. Мальцева, И. Н. Семейкин, М. В. Яхно; под общей редакцией Ж. В. Семинского. 2-е изд., испр. и доп. Москва : Издательство Юрайт, 2025. 347 с. (Профессиональное образование). ISBN 978–5–534–08529–7. Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/564987>
- 2 Геоморфология : учебник для вузов / А. И. Жиров [и др.]; под редакцией А. И. Жирова, С. Ф. Болтрамовича. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Издательство Юрайт, 2025. 733 с. (Высшее образование). ISBN 978–5–534–13115–4. Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/563823>
- 3 Экология. Основы геоэкологии: учебник для вузов / А. Г. Милютин, Н. К. Андросова, И. С. Калинин, А. К. Порцевский. Москва : Издательство Юрайт, 2025. 437 с. (Высшее образование). ISBN 978–5–534–20771–2. Текст: электронный / Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/558742>

СВЯЗЬ СУБДУКЦИОННОГО И ПЛЮМОВОГО МАГМАТИЗМА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ГЛУБИННУЮ ГЕОДИНАМИКУ

С. В. Дмитриев¹, А. С. Белко², С. Е. Власова³

Введение. Связь субдукционного и плюмового магматизма имеет фундаментальное значение для понимания глубинных сил и процессов, обуславливающих движение веществ на глубине Земли. Зоны субдукции, где одна тектоническая плита уходит под другую, характеризуются сложным переплетением тепловых, химических и механических процессов, вызывая *формирование магмы, дуговой вулканизм, сейсмическую активность и метаморфические реакции с выделением флюидов.*

¹ Дмитриев Степан Владимирович – студент группы СЖД-31, институт ТСПС

² Белко Анастасия Сергеевна – студент группы СЖД-31, институт ТСПС

³ Власова Светлана Евгеньевна – ст. преподаватель кафедры «Железнодорожный путь и строительство»

В настоящее время существуют эффективные методы, достаточно точно прогнозирующие тепловые характеристики зон субдукции и взаимодействие субдукционного и плюмового магматизма, а полученные результаты являются обоснованием геодинамических процессов. Современные компьютерные модели выдают информацию о динамике, строении и эволюции этих зон с геофизической, геохимической и петрологической точек зрения.

Анализ результата влияния возраста плиты и температуры на скорость субдукции проведён путём изучения метода прогнозирования, основанного на универсальном репозитории Zenodo с открытым доступом, разработанным в рамках европейской программы OpenAIRE и управляемый ЦЕРН. В статье исследуются вопросы скорости субдукции, важность которой рассматривается на геодинамике трёх регионов: **Центральный Хонсю, зона Тохоку, полуостров Аляска, зона субдукции Каскадия**. Данные регионы находятся в Тихом океане, тектонические плиты характеризуются разным геологическим возрастом надвигающейся плиты и скоростью субдукции.

Характеристика зон субдукции по возрасту и скорости

Наименование	Местоположение	Характеристика	Скорость субдукции	Возраст плиты
Зона Тохоку Центральный Хонсю	Берег Японии	Равномерное движение океанической плиты вызывает разрядку напряжений в виде частых землетрясений с небольшой магнитудой.	Быстрая	Старая
Аляска	Северо-Запад Северной Америки	Цунамигенная структура.	Умеренно быстрая	Средний возраст
Каскадия	Западное побережье США и Канады вдоль линии тектонического разлома Сан-Андреас	Длина разлома 900 км. Землетрясения через каждые 300 лет магнитудой 10 баллов, цунами до 30 м.	Медленная	Очень молодая

Международная группа геофизиков под руководством сейсмолога Анн Бесель из университета округа Колумбия (США) с помощью метода отражённых волн изучила геологическое строение в зоне субдукции возле Аляски. Был обнаружен крутой сброс, вызвавший моретрясение и образование волн цунами (рис. 1).

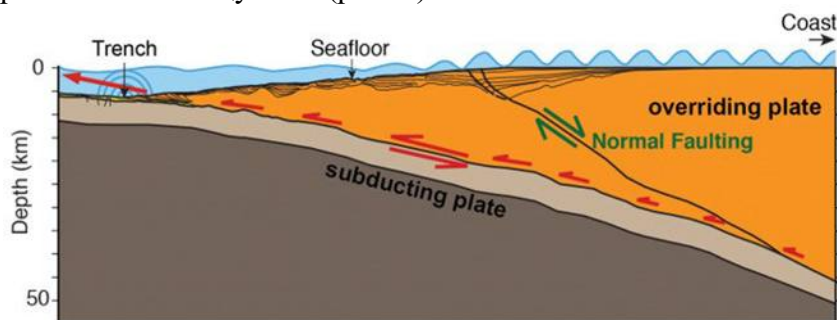


Рис. 1. Погружение океанической Тихоокеанской плиты под континентальную Северо-Американскую плиту у берегов Аляски:

Trench – глубоководный желоб, Normal Faulting – нормальный сброс, subducting plate – погружающаяся (океаническая) плита, overriding plate – надвигающаяся (континентальная) плита.

Результаты сейсмоакустического исследования показали схожесть ситуации с зоной Тохоку. В 2011 году в Японии в результате землетрясения и разрушительного цунами погибло более 18 тысяч человек, а также были разрушены три ядерных реактора на атомной электростанции Фукусима [2].

В зоне Тохоку и Аляски тектонические подвижки произошли по разлому–сбросу, отходящему от зоны надвига. Данная ситуация подтверждает гипотезу о том, что равномерное движение плит и плавная разгрузка напряжений также могут служить цунамигенности данных регионов. По результатам изучения геологического строения обнаружены причины, вызывающие цунами: неровная (гетерогенная) поверхность «подошвы» в зоне субдукции плит; осадочные от-

ложения сминаются в складки, образуя клиновидное образование; клин отделён от разлома-сброса. Клин может быть выдавлен вверх, даже малыми подвижками сброса, что в свою очередь вызовет колебания океанического ложа, и как следствие, образование цунами (рис. 1, рис. 2).

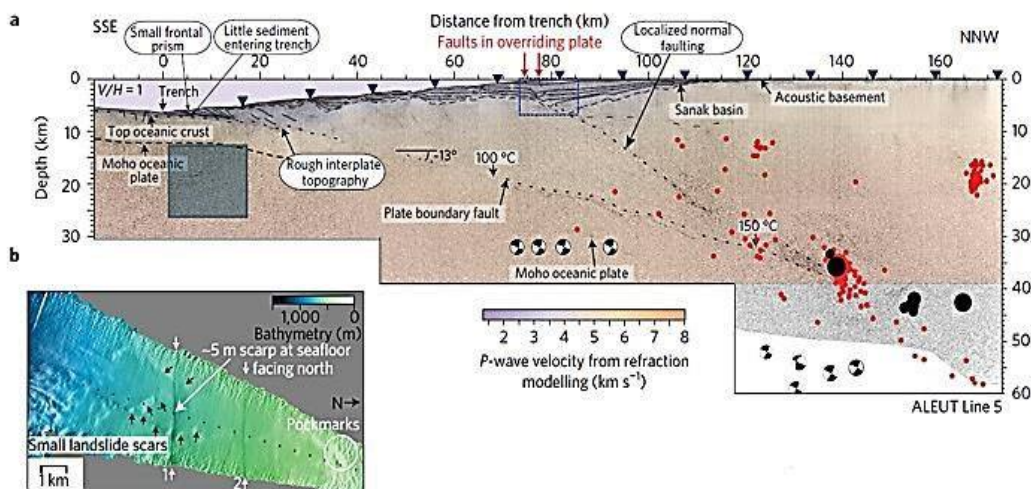


Рис. 2. Разрез сейсмоакустического профиля в зоне Тохоку:
красные точки – эпицентры землетрясения от 3,0 до 6,8 магнитуд;
красные стрелки – выход на поверхность разлома-сброса с 5-ти метровым клином [1]
(Информация и материалы исследования взяты из доступных и открытых данных)

Группа американских исследователей Научного института Карнеги (США) разработали моделирование построения и исследования моделей океанических глубин с использованием программной системы «TerraFERMA». Ряд исследований очень подробно рассматривает построение и проверку этих моделей, благодаря геофизическим и геохимическим данным [1]. Моделирование зоны субдукции сопровождается решением сложных дифференциальных уравнений, описывающих перенос тепла и движение вещества. Данные методы эффективны при работе со сложными геометрическими формами.

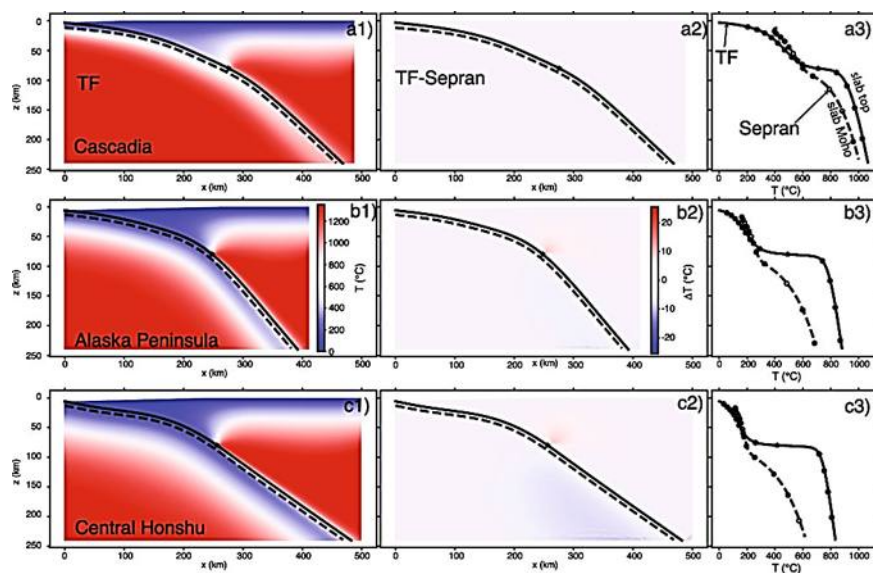


Рис. 3. Температура, полученная TerraFERMA для трёх моделей [1]:
а – Каскадия, б – Аляска, с – Центральный Хонсю (Тохоку);
а₁, б₁, с₁ – температура, предсказанная TerraFERMA ;
а₂, б₂, с₂ – различия с результатами Sepran;
а₃, б₃, с₃ – температурные профили slab top и slab Moho в статье не рассматривались;
Верхняя часть плиты – сплошная линия, верхняя часть границы Мохо – пунктирная линия
(Информация и материалы исследования взяты из доступных и открытых данных)

Они позволяют анализировать динамику и упрощенную эволюцию зоны субдукции, включая конвекцию. Важность скорости субдукции и возраста надвигающейся плиты, играющие огромную роль в тепловом параметре, видно из прогнозов, сделанных независимыми методами Serpan и Terra FERMA в 2010 году (рис. 3). Рассмотрены три модели субдукции при заданных параметрах: температура мантии – 1350 °C, возраст надвигающейся плиты – 100 млн лет, время расчёта составляет около 40 млн лет. Этого достаточно, чтобы плита достигла теплового равновесия. Как видно из рисунка 3, различия в температурах верхней части плиты и мантии незначительны, также небольшая разница в тепловой структуре нижней части плиты, что объясняется высокой скоростью субдукции в зоне Тохоку и Центрального Хонсю. Кроме того, использование более молодого возраста надвигающегося литосферного блока приводит к заметному нагреванию тепловой структуры плиты, особенно на небольшой глубине.

На основные *метаморфические реакции с выделением флюидов* влияют сейсмические и электромагнитные свойства погружающейся плиты. С помощью геофизических методов определены границы изменения сейсмических скоростей, которые используют для картирования метаморфизма в зонах субдукции. В работах Рондены (2008 г.), Манна (2022 г.) и др. с помощью теплового моделирования и использования рассеянных волн было установлено, что слой с низкой сейсмической скоростью исчезает на меньшей глубине в Каскадии, чем в Центральной Аляске из-за образования флюидов с высоким давлением.

Геохимическое влияние флюидов в зонах субдукции является важнейшим фактором, определяющим, непосредственно, состав мантии и земной коры. В процессе субдукции океаническая плита высвобождает жидкости, в основном, воду и летучие компоненты, которые, в свою очередь, существенно изменяют геохимию окружающей среды. Эти флюиды переносят элементы и изотопы из погружающейся плиты в мантию и кору, при этом обогащая мантию такими элементами, как бор, литий и свинец, что вызывает метасоматизм. Также флюиды существенно влияют на формирование месторождений золота и меди, концентрируя эти металлы в земной коре. Эти процессы сложны, поэтому требуют дальнейшего глубокого изучения для понимания эволюции Земли.

Вулканизм, который был вызван *мантийными плюмами*, отличается от вулканизма зон субдукции некоторыми характерными признаками. Мантийные плюмы в виде восходящих потоков горячего вещества из мантии гипотетически объясняют аномальную вулканическую активность. Когда верхушка плюма достигает небольших глубин, то частично плавится, вызывая образование вулканических горячих точек, таких как *Гавайи и Исландия*, а также крупных магматических провинций, как *Деканские траппы (Индия) площадью около 512 000 км³ и Сибирские траппы (Россия)*, занимающие площадь около 2 миллионов км².

В отличие от вулканизма, связанного с субдукцией, который обычно наблюдается на границах тектонических плит, *горячие точки наиболее часто располагаются вдали от этих границ*, что свидетельствует об их независимом происхождении. Кроме того, плюмовый вулканизм характеризуется извержением необычно больших объёмов магмы, приводящим к формированию огромных базальтовых плато, которые, в свою очередь, могут покрывать большие территории и влиять на глобальную окружающую среду.

Взаимодействие между флюидами, высвобождаемыми в зонах субдукции и магматизмом мантийных плюмов играет решающую роль в формировании минеральных месторождений в земной коре. Основа этих геологических процессов – магма, которая состоит преимущественно из кислорода, кремния, а также алюминия, железа, кальция, натрия, магния и калия [3]. В зоне субдукции флюиды, поступающие из погружающейся плиты, вызывают частичное плавление и образование магм с уникальным химическим составом, обогащённых летучими компонентами и элементами земной коры. Когда эти магмы взаимодействуют с глубинными магмами плюмов, имеющими другой химический состав, происходят сложные процессы, приводящие к концентрации ценных минералов. Смешение магм разного происхождения создаёт условия для образования разнообразных месторождений полезных ископаемых.

Закключение. Субдукция и плюмовый магматизм представляют собой фундаментальные, крепко взаимосвязанные процессы, играющие ключевую роль в формировании тепло-

вой и химической структуры Земли, а также её глубинной геодинамики. Зоны субдукции, характеризующиеся сложным взаимодействием тепловых, механических и химических процессов оказывают значительное влияние на состав мантии и земной коры через высвобождение флюидов. Плюмовый магматизм с восходящими потоками горячего мантийного вещества приводит к формированию горячих точек и крупных магматических провинций, отличающихся от вулканизма субдукционных зон. Таким образом, изучение субдукционного и плюмового магматизма, их взаимосвязи и влияния на глубинную геодинамику требует комплексного и сложного подхода, сочетающего численные методы, компьютерное моделирование геометрии погружения плит, геохимические и геофизические исследования.

Дальнейшие исследования в этой области необходимы для создания наиболее точных моделей эволюции Земли, а также прогнозирования сейсмической и вулканической активности и понимания формирования минеральных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Питер Э. ван Кекен, П.Э., Уилсон, К.Р. Вводный обзор тепловой структуры зон субдукции: III – сравнение моделей и наблюдений // *Prog Earth Planet Sci.* 10, 57 (2023). URL: <https://doi.org/10.1186/s40645-023-00589-5>.
- 2 Энн Бечел, Донна Дж. Шиллингтон, Маттиас Делескюз, Младен Р. Недимович, Джеффри А. Эйберс, Демиан М. Саффер, Спар К. Уэбб, Кэти М. Керанен, Пьер-Анри Рош, Цзияо Ли, Гарольд Кюн. Цунами-генные структуры в ползучем участке зоны субдукции Аляски // *Nature Geoscience*. 2017. Т. 10. С. 610–613. DOI: 10.1038/ngeo2990.
- 3 Добрецов, Н. Л. Взаимодействие тектоники плит и тектоники плюмов: вероятные модели и типичные примеры / Н. Л. Добрецов. (Геодинамика. Петрология) // *Геология и геофизика*. 2020. Т. 61, № 5/6. С. 617–647. ISSN 0016–7886.

ПРОВЕДЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ

С. В. Дмитриев¹, Д. И. Галлямов²

Введение. Геодезические изыскания являются основополагающими в проектировании и строительстве железнодорожных линий. Они обеспечивают получение наиболее точных и достоверных данных о местности, которые необходимы для принятия обоснованных, более выгодных и удобных технических решений на всех этапах существования железнодорожного объекта. Без качественных геодезических изысканий безопасность, эффективность и долговечность железнодорожной инфраструктуры невозможна. В настоящее время проектирование и строительство железнодорожных линий сталкиваются с растущими требованиями к эффективности, безопасности и экологичности. Поэтому, повышение точности и сокращение сроков геодезических изыскательских работ сейчас актуально, как никогда. Современные информационные технологии потенциально дают возможность повышения точности изысканий и сокращения сроков геодезических работ.

1. Процесс геодезических изысканий при проектировании железнодорожных линий

Процесс геодезических изысканий включает в себя несколько этапов:

Подготовку к геодезическим работам (1 этап), а именно происходит изучение уже существующих данных. Собирается и анализируется картографическая информация, обрабатываются материалы дистанционного зондирования Земли и проведённых инженерно-геологических изысканий. Далее получается соответственная разрешительная документация. Оформляются необходимые разрешения на проведение изыскательских работ. Проводится согласование с владельцами земли и другими заинтересованными, задействованными орга-

¹ Дмитриев Степан Владимирович – студент группы СЖД-31, институт ТСПС

² Галлямов Дамир Ильдарович – ст. преподаватель кафедры «Железнодорожный путь и строительство»

низациями. Разрабатывается техническое задание. Ставятся цели и задачи изысканий, определяются требования к точности и объему данных, сроки выполнения работ и перечень используемых методов и технологий.

Продолжаются изыскания полевыми работами (2 этап). Определяются места расположения инженерных сооружений (мостов, тоннелей), выявляются возможные препятствия и ограничения. То есть происходит рекогносцировка трассы.

➤ Устанавливаются пункты с известными координатами (X, Y) с использованием ГНСС-технологий (статические, кинематические, RTK-измерения) или традиционных методов триангуляции, полигонометрии.

➤ Устанавливаются пункты с известными высотами (H) с использованием методов геометрического нивелирования, тригонометрического нивелирования или ГНСС-нивелирования.

➤ Проводится топографическая съемка. Снимается рельеф местности с использованием тахеометров, нивелиров, ГНСС-приёмников или БПЛА (с фотограмметрией или Лидаром); снимаются объекты инфраструктуры (железнодорожное полотно, станции, переезды, мосты, линии электропередач и т.д.); снимаются инженерные коммуникации (подземные кабели, трубопроводы, коллекторы) с использованием трассоискателей и других специальных приборов.

Создаётся топографический план и профиль в необходимом масштабе, согласно техническому заданию.

Камеральные работы (3 этап) включают в себя обработку полевых измерений; обработку данных ГНСС-измерений, уравнивание опорной геодезической сети; обработку данных топографической съемки, построение цифровой модели местности (ЦММ), создание топографических планов и профилей; обработку данных инженерно-геологических и гидрометеорологических изысканий. После обработки все данные анализируются. Составляется финальный технический отчёт, и заказчик получает рекомендацию по проектированию и строительству.

На каждом из рассматриваемых этапов геодезических изысканий могут использоваться современные информационные технологии:

1) ГНСС (глобальные навигационные спутниковые системы), главной задачей которых является создание опорной геодезической сети и выполнение топографической съемки.

2) БПЛА (беспилотные летательные аппараты). Они используются для выполнения топографической съемки больших территорий, мониторинга состояния объектов инфраструктуры и создания высококачественных 3D-моделей.

3) Лидар (технология, которая использует импульсы). С её помощью получают точные данные о рельефе под пологом леса и создают высокоточные ЦМР.

4) Программное обеспечение. Используется для обработки данных, создания планов, профилей, ЦММ и автоматизации.

Процесс геодезических изысканий – это сложный и многоэтапный процесс, требующий высокой квалификации и опыта от исполнителей.

2. Методы получения геодезических данных с использованием информационных технологий

Цифровая трансформация в области геодезических исследований предполагает постепенный переход от традиционных методов к цифровым, которые основаны на применении информационных моделей и современного оборудования [1].

2.1 ГНСС

Одним из самых эффективных методов являются глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), представляющие собой совокупность спутников, наземных станций слежения и приёмного оборудования. При помощи этих систем специалисты определяют координаты, скорость и время в любой точке земного шара. В настоящее время наиболее распространённые ГНСС это:

- GPS (США)
- ГЛОНАСС (Россия)
- Galileo (Европейский союз)

- BeiDou (Китай)

ГНСС–приёмник может работать как напрямую со спутниками, так и с ПДБС, и БС (режим ровер – база). Каждый спутник непрерывно передаёт радиосигналы, содержащие информацию о его точном местоположении и времени отправки сигнала. В свою очередь ГНСС–приёмник, находящийся на земле, принимает эти самые радиосигналы от нескольких спутников (минимум от четырех для определения трехмерных координат и времени). И на основе времени прохождения сигнала от спутника до приёмника вычисляется расстояние до каждого спутника. Таким образом, зная координаты спутников и расстояния до них, приёмник быстро высчитывает систему уравнений и определяет свои собственные координаты. Также стоит упомянуть постоянно действующие базовые станции. ПДБС – это высокоточные геодезические приемники, непрерывно регистрирующие сигналы спутников ГНСС. В отличие от полевых приемников, используемых для проведения отдельных измерений, ПДБС работают круглосуточно, обеспечивая непрерывный поток данных [4]. Все измерения происходят быстро и эффективно, что позволяет охватывать большие территории за короткое время. Сложные погодные условия для ГНСС тоже не помеха, эти системы обладают высокой чувствительностью. При этом, прямой зрительный контакт между пунктами совершенно не требуется.

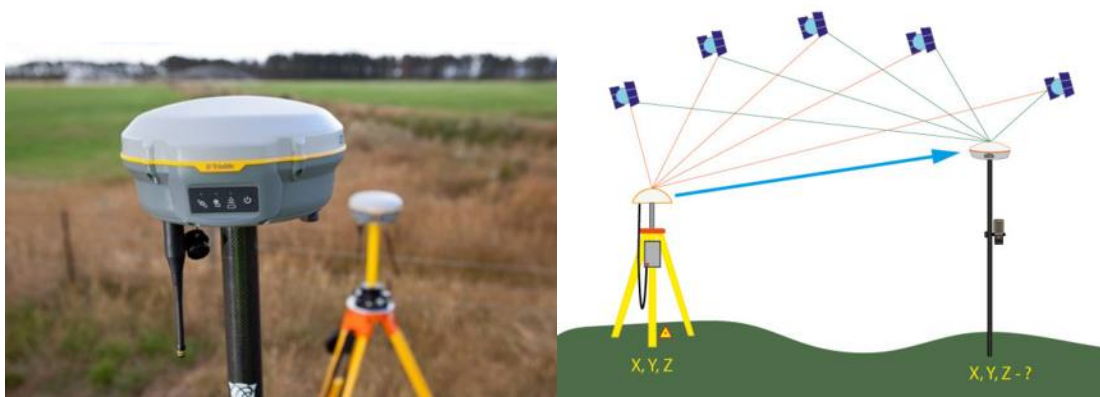


Рис. 1. ГНСС – приёмник; синхронизация спутников

Рассмотрим методы ГНСС–измерений. Все они отличаются по точности, производительности, а также требованиям к оборудованию.

1) Статика – в этой методике приёмник устанавливается на точке измерения на длительное время (от нескольких минут до нескольких часов). При измерениях обеспечивается наивысшая точность (вплоть до миллиметров) при условии хорошей геометрии спутников и минимальном влиянии помех. Этот метод применяется для создания высокоточной опорной геодезической сети.

2) Кинематика – этот метод основывается на перемещении приёмника между точками измерения, фиксируя координаты в дискретные моменты времени. Этот более сложный метод требует постоянного слежения за спутниками и наличия базовой станции с известными координатами. При этом обеспечивается высокая производительность и не менее высокая точность (вплоть до сантиметров). Эта методика активно применяется для топографической съемки и определения координат инженерных сооружений.

3) RTK – В данном методе приёмник получает поправки от базовой станции в режиме реального времени по радиоканалу или через интернет. Это обеспечивает высокую точность (вплоть до сантиметров) и производительность. Но требует наличия базовой станции в радиусе действия радиосигнала или доступа к сети интернет. Этот метод широко применяется для различных видов геодезических работ, которые требуют высокую точность и быстроту работы.

ГНСС–технологии являются неотъемлемой частью геодезических изысканий при проектировании и строительстве железнодорожных линий. Они обеспечивают высокую точность, производительность и доступность измерений.

2.2 БПЛА

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) или дроны достигли серьёзных успехов в геодезических изысканиях, предлагая эффективные и экономичные способы сбора данных о местности. Использование БПЛА позволяет ускорить процесс сбора данных, благодаря современным технологиям и возможностям они могут снимать большие территории и собирать большие объёмы информации за короткое время [2]. Благодаря работе беспилотников, специалисты быстро и безопасно получают высокдетализированные изображения и 3D-модели, которые в дальнейшем используются для различных видов работ, включая проектирование железнодорожных линий.



Рис. 2. БПЛА в геодезии

С использованием БПЛА проводится фотограмметрическая съёмка, которая представляет собой метод определения координат точек местности на основе снятых фотографий.

Фотограмметрия – это наука и технология определения формы, размеров, положения и других характеристик объектов по их фотографическим изображениям. Это метод дистанционного зондирования, позволяющий получать точные пространственные данные без непосредственного контакта с объектом.

Фотографическое изображение строится по принципу центральной проекции, где все лучи от объекта сходятся в одной точке – центре проекции (центре объектива камеры). В основе фотограмметрии лежит триангуляция – а именно определение координат точек объекта в трехмерном пространстве путем пересечения лучей, исходящих из разных точек съемки. Наличие перекрытия между последовательными снимками позволяет создать стереопару, которая обеспечивает восприятие объемного изображения объекта, это называется стереоскопический эффект. Также важно устранение геометрических искажений, вызванных перспективой, рельефом местности, и другими факторами, для получения точных планиметрических координат. Происходит обработка снимков и создание ортофотопланов и 3D-моделей. Снимки импортируются в специализированное программное обеспечение (например, Agisoft Metashape, Pix4Dmapper). В завершении работы строятся облака точек, триангуляционные модели, текстурированные 3D-модели и ортофотоплан.

Лидарная съёмка с использованием БПЛА – это достаточно развитая современная технология лазерного сканирования, которая позволяет получать высокоточные данные о рельефе местности, даже под пологом растительности. Лидар излучает лазерные импульсы и измеряет время, которое требуется импульсу для достижения поверхности и возвращения обратно. Основываясь на этом времени и на угол сканирования вычисляется расстояние до поверхности и её координаты. БПЛА, оснащённый лидарным сенсором, сканирует местность, создавая при этом облако точек, представляющее собой множество координатных точек. Происходит фильтрация этих точек по типам (земля, растительность, здания). Затем создаётся цифровая модель рельефа (ЦМР).

2.3 Наземное лазерное сканирование (наземный Лидар)

Наземное лазерное сканирование (НЛС) – это технология, позволяющая получать трёхмерные данные об объектах и окружающей среде с крайне высокой точностью и детализацией, используя лазерное излучение, сканирующее пространство с поверхности земли. Лазерный сканер за доли секунд сканирует пространство и переносит совокупность характеристик реальной поверхности в цифровой вид, далее представляет результат в пространствен-

ной системе координат [3]. В отличие от воздушного лазерного сканирования (ALS), выполняемого с самолёта или БПЛА, НЛС позволяет получить более плотное и точное облако точек, особенно при съёмке сложных объектов и в условиях ограниченной видимости. Наземный лазерный сканер работает по принципу измерения расстояния до объекта путём отправки лазерного импульса и регистрации времени, необходимого для его возвращения. Зная скорость света и время прохождения импульса, сканер вычисляет расстояние до точки отражения. Также сканер измеряет углы поворота лазерного луча в горизонтальной и вертикальной плоскостях. И уже на основе расстояния и углов, сканер вычисляет трёхмерные координаты каждой точки отражения. В результате получается облако точек, представляющее собой совокупность точек с координатами, отражающими форму и размеры объекта.

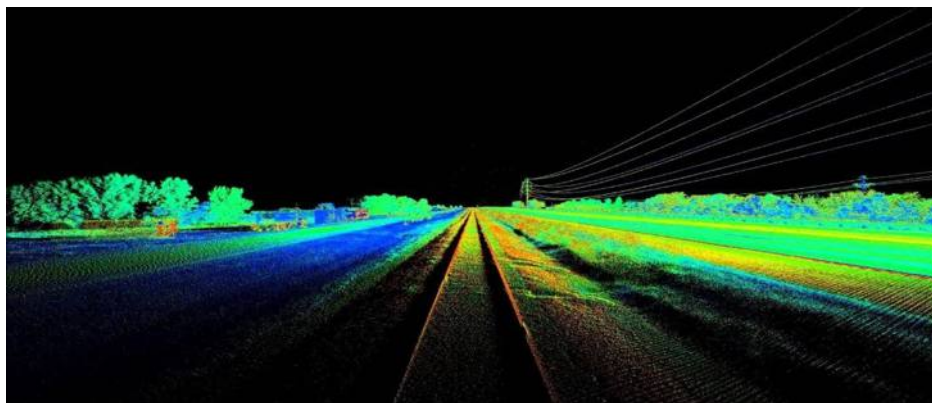


Рис. 3. Лазерное сканирование местности

Несмотря на всю сложность наземного лазерного сканирования, можно оценить точность и детализацию получаемой информации. Погрешность может быть совсем небольшая: от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров, в зависимости от модели сканера, условий съёмки и методов обработки данных. А детализация получаемой информации зависит от плотности облака точек. Чем выше плотность облака точек, тем более детальная информация об объекте, включая все мелкие текстуры.

Заключение. Использование современных информационных технологий прогрессивно и эффективно влияет на процесс геодезических изысканий при проектировании железнодорожных линий. Внедрение ГНСС, БПЛА, и Лидар делает более удобным сбор, обработку и анализ геопространственных данных, что обеспечивает высокую точность и скорость изысканий. Это позволяет принимать обоснованные решения не только на железной дороге, но и в других отраслях, включая строительство, землеустройство, экологический мониторинг и управление ресурсами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дмитриев С. В. Современные технологии в геодезии и их применение в различных отраслях // Наука и образование транспорту. 2024. № 2. С. 138–141. EDN DKZSWS.
- 2 Морковин В. А., Хахулина Н. Б., Семешкина В. В. эффективность использования БПЛА в геодезии // Вопросы управления недвижимостью, землеустройства и геодезии. 2024. № 1 (5). С. 69–73. EDN QNFMQM.
- 3 Бабкин Д. М., Алексеева Л. В. Современные технологии в геодезии // Новые технологии в учебном процессе и производстве : материалы XV межвузовской научно-технической конференции, Рязань, 26–28 апреля 2017 года. Том I. Рязань: ООО «Рязаньпроект», 2017. С. 18–22. EDN ZIQAAF.
- 4 Просто о сложном: что такое сеть базовых станций? URL: https://www.prin.ru/blog/prosto_o_slozhnom_chto_takoe_set_bazovyh_stancij/
- 5 Багликова Т. Е., Попов Б. А., Костылев В. А. Анализ применение беспилотных технологий в геодезии // Природообустройство и природопользование геоландшафтов. 2022. № 2. С. 22–25. EDN CEKZHD.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ

А. С. Белко¹, Д. И. Галлямов²

Введение. Современный этап развития транспортных систем характеризуется повышенным ростом требований к инфраструктуре: увеличение грузопотоков, увеличение скорости пассажирских перевозок, ужесточение экологических стандартов и необходимость интеграции в глобальные логистические сети. Железнодорожный транспорт, оставаясь одним из наиболее экономичных и экологичных видов сообщения, играет ключевую роль в решении этих задач. Однако проектирование новых железнодорожных линий сегодня сопряжено с комплексом вызовов – от сложного рельефа местности и плотной городской застройки до необходимости сокращения воздействий на окружающую среду. Традиционные методы проектирования, основанные на ручных расчётах и двухмерных чертежах, уже не способны обеспечить требуемую точность, скорость и адаптивность в условиях динамично меняющихся требований. На этом фоне стремительное развитие информационных технологий. Внедрение цифровых инструментов, таких как Building Information Modeling (BIM), геоинформационные системы (ГИС), искусственный интеллект (ИИ) и цифровые двойники, кардинально трансформирует подходы к созданию железнодорожной инфраструктуры. Эти технологии позволяют не только оптимизировать затраты и сроки реализации проектов, но и прогнозировать их долгосрочное воздействие на экосистемы, экономику и общество.

Цель данной статьи – раскрыть роль информационных технологий в проектировании новых железнодорожных линий, продемонстрировать их практическую значимость и выделить ключевые преимущества перед классическими методами. В работе анализируются современные цифровые решения, такие как 3D-моделирование на примере Robur.

Актуальность темы. Создание облака точек и применение цифровых технологий, в частности программы «Топоматик Robur», важно, так как это значительно сокращает время на проектирование и позволяет решать задачи с меньшими затратами труда, так же применение подобных технологий позволяет избежать большого количества ошибок в процессе проектирования и капитального ремонта. Программа помогает создать более экономический вариант конструкции. Следует отметить, что Топоматик Robur приветствует коллективную работу, несколько групп изыскателей могут одновременно делать съемку и строить каждый свой участок одной и той же цифровой модели местности, программа автоматически обеспечивает стыковку данных

Анализ нормативных документов и стандартов в области проектирования железнодорожных линий. Проектирование железнодорожных линий регламентируется рядом нормативных документов и стандартов, устанавливающих требования к геометрии трассы, конструкции земляного полотна, верхнему строению пути, водоотводным сооружениям и другим элементам железнодорожной инфраструктуры. К основным нормативным документам относятся:

СП 119.13330.2024 “Железнодорожные пути колеи 1520 мм”: данный документ содержит в себе разделы, которые помогают при проектировании новой железнодорожной линии. Он необходим для выбора типа верхнего строения пути, соответствующего условиям эксплуатации проектируемой железнодорожной линии, определения характеристик рельсов, шпал, балластного слоя и креплений, обеспечения надежности и устойчивости железнодорожного пути, минимизация затрат на строительство и эксплуатацию. Его практическое применение при проектировании это определение категории проектируемой линии, расчет необходимых характеристик элементов пути, подбор оптимальных конструктивных решений, планирование эксплуатационных затрат.

¹ Белко Анастасия Сергеевна – студент группы СЖД-31, институт ТСПС

² Галлямов Дамир Ильдарович – ст. преподаватель кафедры «Железнодорожный путь и строительство»

Возможности Топоматик Robur. Топоматик Robur – это современный программный комплекс, который позволяет проектировать новые и реконструировать существующие железные дороги и станции. Программа обеспечивает вариантное проектирование плана и профиля, содержит модуль выправки пути. Удобный функционал предоставляет возможность наблюдать взаимное положение трасс, увязывать положение путей на одном поперечном профиле, учитывать габариты приближения строений и оптимизировать проектные решения. Robur обладает широким набором инструментов для работы с данными геодезических изысканий в различных форматах, включая облака точек, цифровые модели местности (далее ЦММ) и векторные карты.

Импорт и обработка данных облаков точек. Robur позволяет импортировать данные облаков точек, полученные с помощью лазерного сканирования или фотограмметрии, выполнив их фильтрацию и классификацию (удаление шумов, выделение поверхности земли, растительности, сооружений), а также создав на их основе ЦММ, которую в процессе проектирования можно дополнять и исправлять без проведения дополнительной съемки местности, что является одним из ключевых преимуществ программы. Создание ЦММ также включает в себя возможность построения триангуляционной модели (TIN) на основе отфильтрованного облака точек, формирование вертекелей и горизонталей. **Проектирование трассы железнодорожной линии.**

Robur предоставляет инструменты для разработки вариантов трассы с учетом рельефа местности, геологических условий и других факторов, а также для создания горизонтальной кривой и вертикального профиля тарссы в соответствии с нормативными требованиями (радиусы закруглений, уклоны). Определение начальной и конечной точек трассы. Расчет объемов земляных работ. **Проектирование земляного полотна.** Robur позволяет создавать поперечные профили земляного полотна, рассчитывать объемы земляных работ и проектировать водоотводные сооружения. **Формирование проектной документации.** Robur автоматически формирует чертежи планов, профилей и поперечников железнодорожной линии, а также ведомости объемов работ и спецификации материалов. **Проектирование верхнего строения пути (ВСП).** Программа предлагает возможность в выборе типа рельсов, шпал, а также балластного слоя, толщину которого рассчитывает автоматически. Имеет возможность ипроектирования стрелочных переводов. Формирование проектной документации. Создание чертежей планов, профилей и поперечников ж.-д. линии. Формирование ведомостей объемов работ, спецификаций материалов и оборудования. Автоматическое формирование графика производства работ на основе данных о трудоемкости и последовательности выполнения работ.

Алгоритм проектирования ж.-д. линии с использованием Топоматик Robur на основе облака точек:

1. Получение исходных данных в виде точек с отметками и координатами местности

После ипорта данных получаем набор точек, которые содержат не только координаты, но и коды такие, как номер пути, промежуточная или начальная точка пути и т. д, по которым программа самостоятельно постороит оси будущих путей.

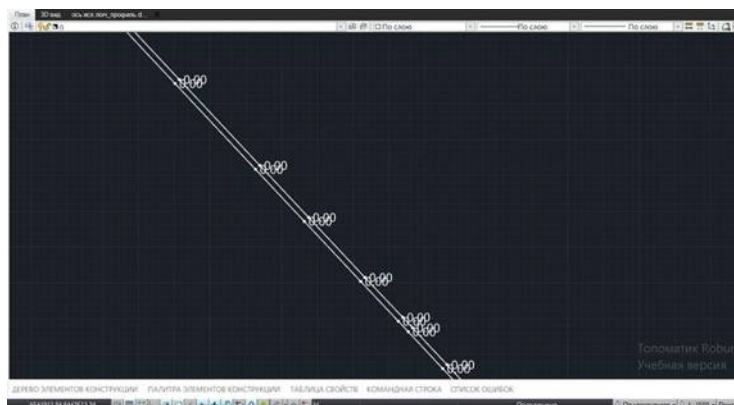


Рис. 1. Набор точек

2. Создание ЦММ на основании данных геодезической съемки

Проектирование земляного полотна является важным этапом. Процесс включает создание поперечных профилей, расчет объемов земляных работ и проектирование воотводных сооружений. Топоматик Robur значительно упрощает данный процесс.

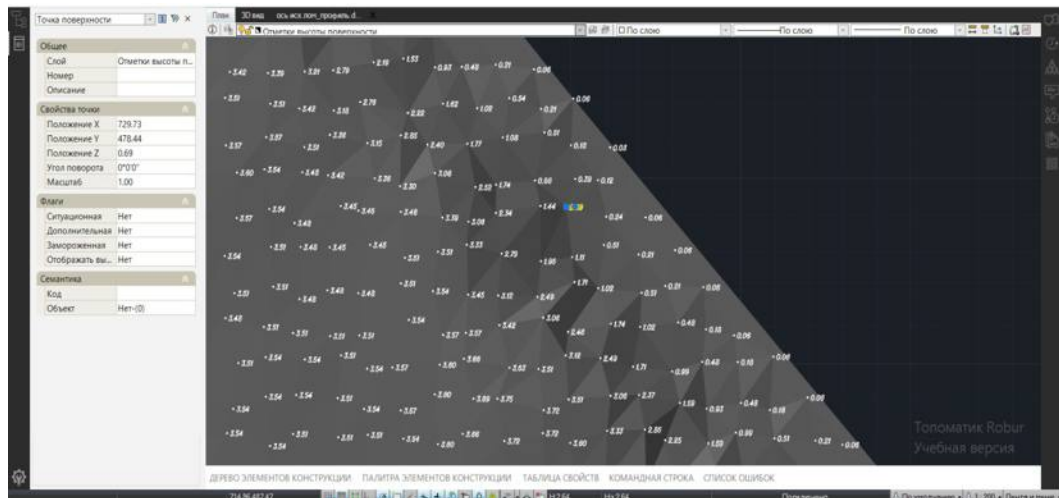


Рис. 2. ЦММ

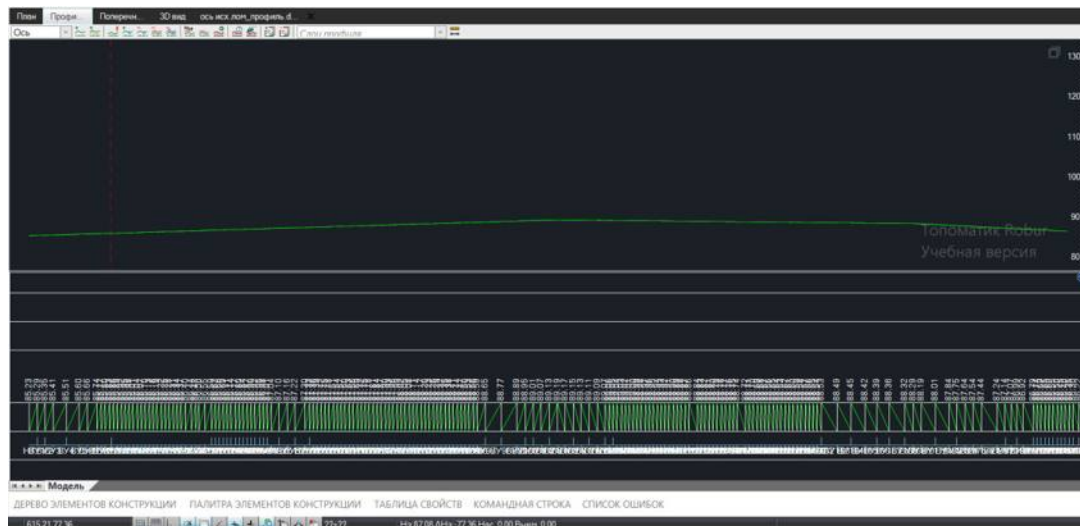


Рис. 3. Продольный профиль

- После завершения проектирования земляного полотна необходимо спроектировать верхнее строение пути (ВСП), которое обеспечивает безопасное и комфортное движение поездов. Этот этап включает в себя выбор типа рельсов, шпал и балласта, расчет толщины балластного слоя и проектирование стрелочных переводов. Топоматик Robur предоставляет инструменты для автоматизации этих процессов.

Пк	Плюс	Тип рельса	Высота рельса, мм	Толщина прокладки под рельс, мм	Толщина металлической подкладки, мм	Толщина прокладки под подкладку, мм	Тип шпалы	Высота, мм	Ширина, мм	Длина, мм	Заглубление, мм
1	0	00.00	P65	180	0	0	Тип II	160	230	2750	130.0000
2	8	00.00	P65	180	0	0	Тип II	150	230	2750	120.0000

Рис. 4. Параметры проектного ВСП

4. Автоматическое формирование чертежей, ведомостей объемов работ и спецификаций материалов.

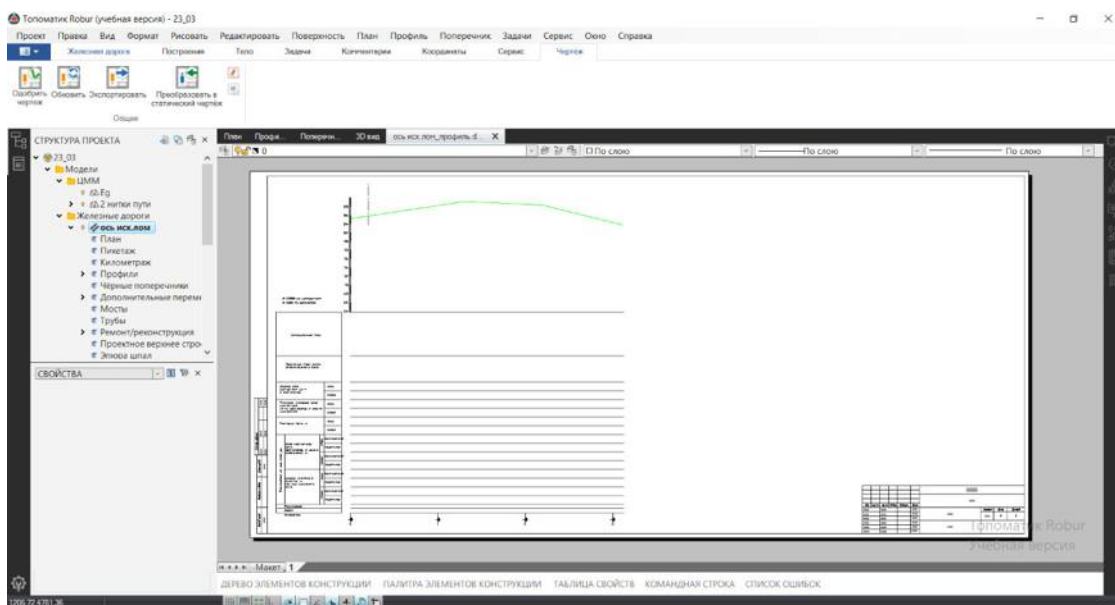


Рис. 5. профиль трассы

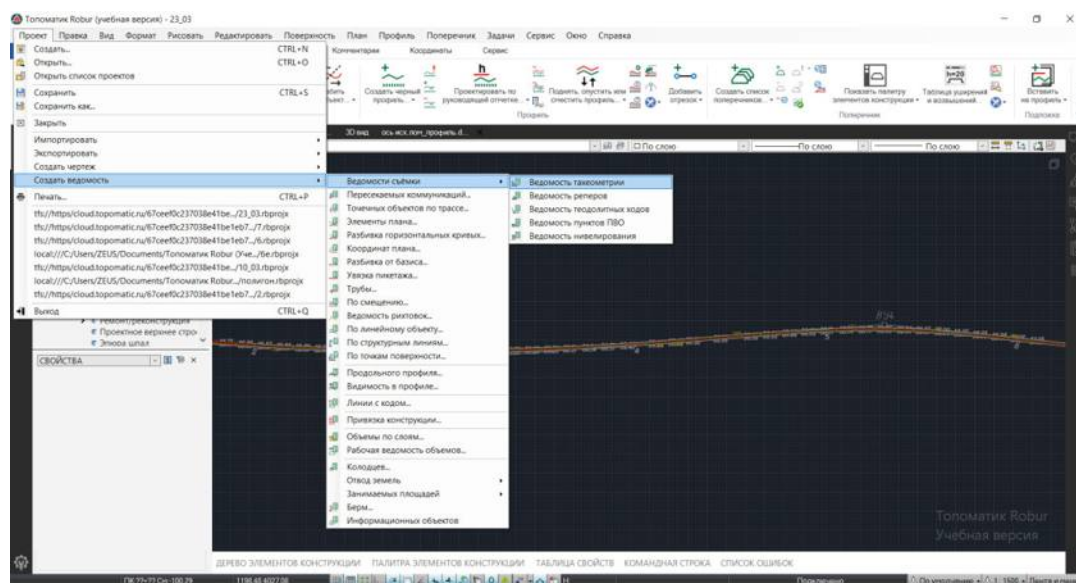


Рис. 6. Создание ведомости

Заключение. Актуальность внедрения цифровых технологий, и в частности, использования облаков точек в сочетании с программным комплексом «Топоматик Robur», в процессы проектирования и капитального ремонта объектов транспортной инфраструктуры, в том числе железнодорожных линий, не вызывает сомнений. Существенное сокращение сроков проектирования, снижение трудозатрат и минимизация вероятности ошибок на всех этапах – от изысканий до подготовки проектной документации – являются ключевыми преимуществами данного подхода. Использование облаков точек позволяет получить высокоточную и детальную информацию о рельефе местности и существующих объектах, что, в свою очередь, обеспечивает возможность принятия обоснованных проектных решений и создания экономически эффективных конструкций. Применение «Топоматик Robur» автоматизирует значительную часть рутинных операций, освобождая ресурсы для решения более сложных и творческих задач. Особо следует отметить возможность организации коллективной работы в «То-

поматик Robur», когда несколько групп изыскателей могут параллельно выполнять съемку и построение отдельных участков единой цифровой модели местности. Автоматизированная стыковка данных, обеспечиваемая программой, значительно ускоряет процесс создания ЦММ и повышает его эффективность направленные на совершенствование алгоритмов обработки данных, расширение функциональности программных комплексов и интеграцию с другими информационными системами, будут способствовать еще более широкому применению цифровых технологий в транспортной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Анализ современных методов моделирования при проектировании и реконструкции железных дорог / Под ред. ОПАЦКИХ А.Н., РЕВЯКИН А.А. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41193755>
- 2 СП 119.13330.2024 «СНиП 32–01–95 Железные дороги колеи 1520 мм». URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/375821/>
- 3 Правила технической эксплуатации железных дорог. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=1827>

ИЗМЕРЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Д. В. Грекова¹, А. С. Баранов²

Введение. Современные транспортные инфраструктуры, включая автомобильные и железные дороги, опираются на надежность мостовых сооружений, которые со временем подвергаются естественному старению и эксплуатационному износу. Особое внимание в этом контексте заслуживают металлические пролетные строения железнодорожных мостов, испытывающие высокие динамические нагрузки от подвижного состава. В отличие от железобетонных конструкций, доминирующих в автодорожной сети, металлические элементы мостов подвержены усталостным деформациям, коррозионному разрушению и постепенной потере несущей способности, что требует разработки и внедрения эффективных методов их диагностики.

Актуальность проблемы подтверждается статистикой: значительная часть мостовых сооружений, построенных в середине XX века, сегодня эксплуатируется за пределами нормативного срока службы. При этом традиционные визуальные и инструментальные методы обследования не всегда позволяют своевременно выявить скрытые дефекты, такие как микротрещины или локальные пластические деформации. В связи с этим особую важность приобретают современные неразрушающие методы контроля [6].

Целью данного исследования является анализ современных методов для мониторинга деформаций металлических пролетных строений железнодорожных мостов. В работе рассматриваются принципы работы датчиков, их преимущества, а также факторы, влияющие на точность измерений в реальных условиях эксплуатации. Особое внимание уделяется измерению прогибов как ключевому параметру, характеризующему несущую способность и безопасность конструкций. Чрезмерные деформации пролетных строений могут привести к потере устойчивости, трещинообразованию и даже обрушению, что делает разработку точных методов измерения прогибов критически важной задачей современного мониторинга мостовых сооружений.

Методы измерения прогибов.

1. Механические прогибомеры. Прогибомеры – это приборы, которые используются для измерения прогибов, как вертикальных, так и горизонтальных, а также применяются при замерах различных линейных перемещений. Чаще всего пользуются прогибомерами с проволочной связью.

¹ Грекова Дарья Васильевна – студент группы СЖД23, ИТСПС

² Баранов Александр Сергеевич – к.т.н., доцент кафедры «Железнодорожный путь и строительство».

Механические прогибомеры традиционно используются для точного измерения вертикальных деформаций металлических мостовых конструкций. Эти устройства находят применение при проведении контрольных испытаний новых или отремонтированных мостов, когда требуется проверить соответствие фактических прогибов проектным нормам под статической нагрузкой. Они незаменимы при обследовании старых мостов для выявления накопленных деформаций от длительной эксплуатации, позволяя фиксировать постепенное увеличение прогибов из-за усталости металла, коррозии или ослабления соединений [4].

Методика применения механических прогибомеров включает несколько последовательных этапов. Установка прибора.

Сначала на мосту выбирают контрольные точки измерения, обычно расположенные в местах ожидаемых максимальных прогибов – в середине пролета, над опорами, в зонах соединений элементов. В стандартной методике измерений прогибов пролетного строения применяют три прогибомера: два контрольных устройства устанавливают у концов пролетного строения (на опорных частях), а третий – в точке максимального ожидаемого прогиба (обычно в середине пролета). Такая схема установки позволяет: исключить влияние возможной осадки опор на результаты измерений; контролировать общую деформационную картину пролетного строения; повысить точность измерений за счет перекрестной проверки данных [1].

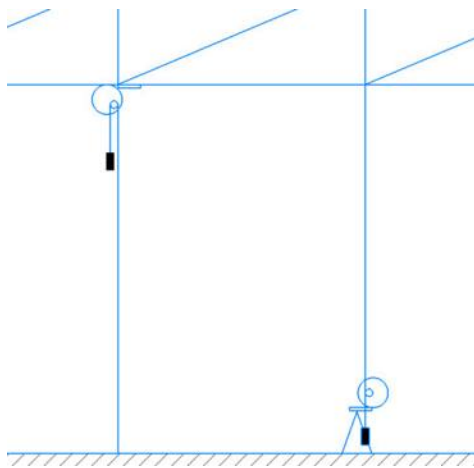


Рис. 1. Схема установки прогибомеров

Затем устанавливают реперные марки или крепления для измерительных приборов. Для измерений используют нивелиры высокого класса точности или специальные механические прогибомеры с индикаторами часового типа. Перед началом замеров обязательно выполняют «нулевой» замер при ненагруженном состоянии моста. Измерения проводят поэтапно при постепенном нагружении моста испытательным составом или в процессе прохождения регулярных поездов, фиксируя показания после каждой нагрузки. Особое внимание уделяют измерениям в крайних точках прогиба и остаточным деформациям после снятия нагрузки.

При проведении строительных измерений над водными преградами методика имеет свои особенности. Конец измерительной проволоки крепят к специальному тяжелому якорю, который предварительно опускают на дно. Однако следует учитывать, что такой способ измерений возможен только при отсутствии сильного течения, которое может вызвать: смещение якоря и провисания проволоки; гидродинамические колебания измерительной системы; дополнительные погрешности в определении вертикальных перемещений

В практике статических испытаний мостов наибольшее распространение получили три типа механических прогибомеров с редукторной кинематической схемой:

Главными достоинствами механических прогибомеров являются их исключительная надежность и точность измерений (до 0,1 мм), независимость от источников питания и электромагнитных помех, а также простота конструкции. Однако этим методам присущи и существенные ограничения – необходимость остановки движения поездов на время измерений,

высокая трудоемкость процесса и возможность измерять прогибы только в заранее определенных точках. В современных условиях механические методы все чаще дополняют или заменяют автоматизированными системами мониторинга, сохраняя их значение как эталонного способа проверки точности других методов измерений.

2. Тензометрические датчики. Тензометрические датчики представляют собой современное высокоточное средство измерения деформаций и прогибов металлических пролетных строений железнодорожных мостов. Принцип их действия основан на изменении электрического сопротивления при деформации чувствительного элемента, что позволяет с высокой точностью фиксировать даже незначительные прогибы конструкции.

Типы тензорезисторов: проволочные тензорезисторы, фольговые тензорезисторы, полупроводниковые тензодатчики, жидкометаллические тензодатчики, высокотемпературные датчики [2].

Методика измерения прогибов пролетных строений железнодорожных мостов с использованием тензометрических датчиков представляет собой комплексный процесс, требующий тщательной подготовки и точного выполнения. На первом этапе проводится детальный анализ конструкции моста для определения критических точек, где будут устанавливаться датчики – обычно это места предполагаемых максимальных деформаций в середине пролётов, над опорами и в зонах соединения элементов. При установке тензодатчиков используется специальный эпоксидные смолы, обеспечивающий прочное соединение с металлической поверхностью и точную передачу деформаций. Для получения достоверных результатов важно учитывать температурные условия проведения измерений и при необходимости использовать температурную компенсацию. Перед началом основных измерений выполняется калибровка системы, включающая снятие начальных («нулевых») показаний при ненагруженном состоянии моста [1].

В процессе испытаний показания снимаются поэтапно: сначала при статическом нагружении контрольными грузами, затем при прохождении испытательных поездов с разными скоростями и нагрузками. Современные системы позволяют проводить измерения в динамическом режиме с частотой до нескольких сотен замеров в секунду, что особенно важно для анализа поведения конструкции под воздействием движущихся нагрузок. Полученные данные обрабатываются с использованием специального программного обеспечения, которое преобразует показания деформаций в значения прогибов с учётом конструктивных особенностей моста.

Тензометрические датчики обладают рядом важных преимуществ при измерении прогибов мостовых конструкций. Они обеспечивают исключительно точные измерения с погрешностью до 0,01 мм, что позволяет выявлять даже незначительные деформации. Современные системы работают в режиме реального времени, автоматически фиксируя изменения под нагрузкой. Датчики отличаются долговечностью и стабильностью показаний на протяжении многих лет эксплуатации. Их компактные размеры позволяют размещать оборудование в труднодоступных местах конструкции. Полученные данные легко интегрируются в современные цифровые системы мониторинга.

Однако метод имеет и существенные ограничения. Для получения достоверных результатов требуется тщательная подготовка поверхности – очистка и обезжиривание мест установки. Показания могут искажаться под воздействием температурных колебаний. Важным недостатком является локальный характер измерений – датчики фиксируют деформации только в точках установки. Монтаж оборудования на действующих мостах часто требует остановки движения, что создает сложности при обследовании интенсивно эксплуатируемых объектов. Стоимость качественных тензометрических систем остается высокой, а для обработки результатов требуется привлечение квалифицированных специалистов.

3. Наземное лазерное сканирование. Наземное лазерное сканирование – современный метод контроля деформаций мостовых конструкций, основанный на импульсном лазерном измерении расстояний. Специальные сканеры излучают лазерные импульсы, фиксируют отраженный сигнал и вычисляют расстояние до каждой точки конструкции. Встроенная система зеркал последовательно сканирует поверхность, создавая «облако точек» – точную 3D-модель объекта. Для полного охвата конструкции съемку проводят с нескольких точек с перекрытием

зон не менее 30 %, объединяя данные по общим опорным точкам. Современные сканеры обеспечивают точность 3–5 мм на расстояниях до 50 м или несколько см – до 400 м [3].

Основные преимущества: высокая оперативность полевых измерений и богатые возможности обработки данных. Метод позволяет создавать детализированные 3D-модели, выявлять даже незначительные деформации при сравнении последовательных сканов и особенно эффективен для сложных пространственных конструкций. Однако технология требует специализированного ПО и квалифицированных операторов, объем камеральных работ может быть значительным, а точность зависит от условий съемки. Высокая стоимость оборудования также ограничивает его широкое применение [5].

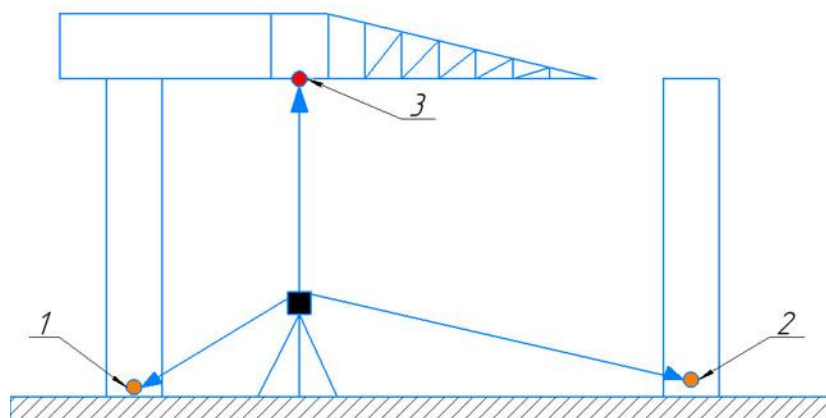


Рис. 2. Метод наземно-лазерного сканирования.

- 1– Контрольная точка оценки погрешности измерения (статический объект)
- 2– Контрольная точка оценки погрешности измерения (статический объект)
- 3– Контрольная точка деформации пролетного строения моста.

4. Метода электрорезистивной томографии (ERT). Электрорезистивная томография (ERT) – это метод неразрушающего контроля, основанный на различии электропроводности сред. В частности, разработанная программируемая 3D-ERT система предназначена для обнаружения дефектов в металле, определяя их местоположение и приблизительные размеры. Этот метод позволяет выявлять внутренние дефекты на этапе обработки металла, что способствует предотвращению брака и повышению качества продукции.

Принцип работы метода ERT использует набор эквидистантных электродов, размещаемых на границе исследуемой области. Система подает сигналы возбуждения (ток или напряжение) через одни электроды и измеряет отклик (разность потенциалов или ток) на других. На основе этих данных строится карта распределения электропроводности внутри объекта, что позволяет выявить неоднородности, такие как трещины, пустоты или включения.

Достоинства: Одним из ключевых достоинств является возможность обнаруживать местоположение и приблизительный размер дефектов в металле. Данный метод способен предотвращать внутренние дефекты во время обработки. Кроме того, метод обладает относительно низкой стоимостью по сравнению с другими способами неразрушающего контроля.

Недостатки метода: требуется тщательная подготовка поверхности объекта, так как это влияет на качество контакта электродов; на точность измерений могут влиять внешние факторы, такие как температура, влажность или электромагнитные помехи; ограниченная глубина исследования, особенно в материалах с высокой проводимостью. Также могут быть сложности из-за необходимости учета различных факторов, влияющих на электропроводность.

5. Способ резистивного неразрушающего контроля с помощью датчика контроля упругой деформации металла. В данной работе хотелось представить инновационный способ резистивного неразрушающего контроля с помощью датчика контроля упругой деформации металла, разработанный Башкирским государственным педагогическим университетом имени М. Акмуллы совместно с Приволжским государственным университетом путей сообщения.

Данный метод определения деформации металлических пролетных строений основан на резистивном неразрушающем контроле с использованием датчика, фиксирующего упругую деформацию металла. Суть метода заключается в нанесении на поверхность контролируемой конструкции слоя электроактивного материала, способного изменять сопротивление в зависимости от изменений кристаллической структуры металла, и слоя электропроводящего материала. От каждого локального участка электропроводящего слоя, соответствующего контролируемой зоне конструкции, делают отводы в виде проводников, которые подключают к измерительному прибору. Дефекты определяют по отклонению измеренного сопротивления участка от заранее установленного эталонного значения, полученного для исправного состояния конструкции.

Основные преимущества метода включают: повышенную точность измерений; упрощение процесса контроля; возможность быстрого получения результатов. Кроме того, благодаря чувствительности прибора, можно выявлять дополнительные дефекты, такие как коррозия.

Однако метод имеет ряд недостатков, в частности, необходимость предварительной очистки поверхности перед нанесением материалов.

Также остаются неясными вопросы, связанные с работой прибора в различных погодных условиях (высокая влажность, осадки, температурные колебания), а также его эффективность в реальных условиях эксплуатации на железнодорожном мосту. Эти неопределенности требуют проведения дополнительных испытаний для подтверждения надежности и точности метода.

Заключение. В заключение следует подчеркнуть, что измерение деформаций металлических пролетных строений железнодорожных мостов представляет собой важнейшую задачу, требующую комплексного подхода. Современные методы контроля – от проверенных временем механических до перспективных новых технологий – образуют взаимодополняющую систему диагностики. Особого внимания заслуживают автоматизированные системы мониторинга, обеспечивающие оперативный контроль состояния конструкций.

Развитие новых подходов, таких как резистивный метод, открывает дополнительные возможности для повышения эффективности диагностики, хотя их внедрение требует тщательного изучения в реальных эксплуатационных условиях. Важно отметить, что каждый из существующих методов имеет свою область оптимального применения, а их грамотное сочетание позволяет получать наиболее полную картину состояния мостовых конструкций, в условиях возрастающих нагрузок на транспортную инфраструктуру.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Тензометрический метод измерения деформаций: учеб. пособие / В.А. Мехеда. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. 56 с.
- 2 Г.И. Таюкин. Приборы и оборудование для статических испытаний строительных конструкций // лабораторный практикум Г.И. Таюкин. Томск : Изд-во Том. гос. архит.–строит. ун-та, 2011. 140 с. ISBN 978–5–93057–408–1.
- 3 Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории учебное пособие / составители С. С. Рачен, А. В. Симаков, Т. В. Симакова, Е. П. Евтушкова, Н. В. Литвиненко. Тюмень : ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, 2023. 149 с. URL: <https://www.gausz.ru/nauka/setevye-izdaniya/2023/racen.pdf>. Текст электронный.
- 4 А. А. Ашрабов, Ч.С.Раупов. Экспериментальные методы и средства проведения инженерных испытаний // ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта – 2013. С. 4.
- 5 Теплых А. Н. Методика определения деформаций мостовых кранов и металлоконструкций // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2010. №1 (12). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-opredeleniya-deformatsiy-mostovyh-kranov-i-metallokonstruktsiy-1>.
- 6 Баранов, Т. М. Метод оценки геодинамической безопасности железобетонных автодорожных мостов и технологии их мониторинга : специальность 05.23.11 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Баранов Тимофей Михайлович. Иркутск, 2014. 22 с. EDN ZPNSDF.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИИ

А. А. Жвавая¹

Введение. В современном мире транспортная отрасль играет ключевую роль в строительстве высокоскоростного движения, которое становится важным элементом в инфраструктуре. В нынешних и последующих условиях мобильности потребуются более эффективные и скоростные транспортные решения. В России высокоскоростное движение находится только на начальной стадии развития. Наиболее близкой к такому движению можно соотнести железнодорожную линию Москва – Санкт-Петербург, где скорость не превышает 250 км/ч. Также есть линия из Санкт-Петербурга до границы с Финляндией, где скорость достигает 220 км/ч. Международный опыт развития высокоскоростного движения представляет собой ценный опыт, который полезен для других иных стран, чтобы создать идентичные сооружения. В работе производится анализ международного опыта и перспективам его применения на территории России. Рассматриваются успехи и провалы стран в этой сфере: Китай, Япония и Франция. А также факторы, влияющие на производительность труда, цифровизацию и появлению новых профессий в транспортной отрасли.

Основная часть. Высокоскоростное движение – это система технических и организационных решений, которая реализуется в железнодорожном транспорте и обеспечивает безопасную и эффективную эксплуатацию пассажирских поездов со скоростью более 250 км/ч.

Первая в мире высокоскоростная железнодорожная система появилась в Японии 1964 года под названием «Синкансэн» к проведению летних Олимпийских игр. Она объединяет такие острова, как Хонсю, Кюсю, а недавно с 2016 года и остров Хоккайдо. С самого начала скорость достигала 210 км/ч. Ежедневно на этой линии перевозят более 350 тысяч людей, что быстро окупились затраты в 1971 году. В нынешнее время скорость в Синкансэн начинается от 260 км/ч и заканчивается 320. Это зависит от современности построения линии. Как раз новые, такие как Нагано, Хокорику достигают лишь 260 км/ч, но это уже делает их высокоскоростным движением, а старые строения были модернизированы, из-за чего смогли достичь максимальной скорости в 320 км/ч. Но в 2015 году был поставлен мировой рекорд по достижению максимальной скорости за всё время – 604 км/ч. Стоит упомянуть, что движение между Токио и Осакой проходит менее за два с половиной часа. Другие страны применили технологии Синкансэн, вследствие чего за пределами появились свои высокоскоростные движения. Тайвань, Китай Великобритания и многие другие применили японские технологии. Ширина колеи у этих дорог является стандартной – 1435 мм.

Китайская сеть высокоскоростного движения является крупнейшей в мире. К концу 2023 года общая протяжённость сети достигала 45000 километров. К концу 2035 года планируется расширить сеть и достичь отметки в 70000 километров. Минимальная скорость достигает 200 км/ч. В Китае проводятся модернизации старых дорог, строятся новые линии, и также была построена первая в мире коммерческая линия для движения, у которой поезд был на магнитной подушке. Вся история Китая в этой сфере началась ещё в 1993 году. В это время коммерческие поезда достигали всего–то 48 км/ч, но правительство были тверды в решении, что надо развивать дорогу, и так пять компаний «Ускорение» в период с 1997 по 2004 года смогли модернизировать дороги. Протяжённость дороги выросла до 7700 километров, а скорость выросла в три раза – достигала 160 км/ч. Первой линией, у которой как раз–таки скорость была 160 км/ч была железная дорога Гуанчжоу – Шэньчжэнь. И с каждым строительством протяжённость железной дороги и скорость поездов возрастали. В 2008 году были открыты линии между Пекин и Шанхай, Пекин и Гуанчжоу. Как раз во второй линии (Пекин – Гуанчжоу) была достигнута на то время самая большая протяжённость – 2000 километров. Но в 2012 года образовались экономические проблемы, из-за чего темп строитель-

¹ Жвавая Анна Алексеевна – студент группы СЖД-33, институт ТСПС

ства снизился. Только в 2014 году возродилось строительство. Только дорога Пекин – Шанхай составили прибыль 6.6 миллиардов юаней.

Французская сеть электропоездов – Train a Grande Vitesse (переводится как поезд высокой скорости). Под влиянием строительства в Японии Синкансэн во Франции решили построить своё высокоскоростное движение. Строительство началось в 1960 году. В 1967 году на междугородних рельсах ввели максимальную скорость – 200 км/ч от Парижа и до Тулузы. Это была пока что максимально достижимая скорость в то время. В 1971 году были проведены обширные испытания, где поезд для данного эксперимента достиг скорости 252 км/ч. В 1972 году инженеры решили попробовать использовать газовые турбины, что привело к новому скоростному рекорду – 318 км/ч. Но из-за дальнейших кризисов, проектировщики решили отказаться от газовых турбин, так как топливного бака, который имел объём в восемь литров, хватало всего-то на 1100 километров. И уже в 1981 году официально была открыта первая линия президентом Франсуа Миттераном Париж – Лион. С тех пор количество линий на высокоскоростных движениях значительно увеличилось, а поезда проходят обязательную модернизацию. Train a Grande Vitesse стала символом французского прогресса в сфере железнодорожного транспорта и строительства. И она являлась эталоном как для Франции, так и для всех других стран Европы. В 1989 году была открыта линия Париж – Бретани, и дальше был разработан новый поезд, который достигал скорости до 515 км/ч. В нынешние дни Франция делает упор именно по дизайн и экономию поездов. Они хотят достичь максимально в размерах маленьких двигателей в размерах, чтобы увеличить экономию энергии.

Рассмотрев и изучив историю происхождения высокоскоростных движений в Японии, Китае и во Франции, теперь предоставляется возможность у каждого извлечь свои минусы и плюсы. Также рассмотреть особенности строительства:

1. Япония «Синкансэн». Плюсами являются надёжность, безопасность, точность, комфорт и положительное влияние на экономику. Синкансэн славится своей надёжностью. Точность в расписании всегда стоит на первом месте в транспортной сфере. За всё время своего существования (50 лет) не произошло ни одного смертельного случая. Поэтому его считают одних из самых безопасных видов передвижения. Это происходит благодаря достижению строгим нормам безопасности в Японии. Теперь перейдём к минусам: высокая цена на проезд, большая стоимость строительства, ограниченная доступность, также зависимость от электроэнергии. Как бы всё сладко ни было, но строительство новых линий требует больших денег, поэтому цена на билет является выше нормы. И хоть до этого упоминалось о точности прибытия по расписанию, но из-за зависимости к электроэнергии могут происходить сбои, что свидетельствует к задержкам и сбоям в расписании. Особенностью строительства Синкансэн отдельные линии, которые никак не пересекаются с линиями обычных поездов, поэтому не происходит пересечений или же конфликтов. Как ранее упоминалось, то для высокоскоростного движения в Японии используют широкую колею – 1435 миллиметров. В инженерном плане для Синкансэн используются туннели и мосты. В Японии есть гористая местность, и с помощью современных технологий большую часть линий движений проходит через туннели. И мосты точно так же очень широко используют для пересечения рек, оврагов и других иных препятствий. Главной особенностью является использование длинных рельсовых плетей, чтобы уменьшить количество стыков. Такое решение способно уменьшить шум и вибрацию, и повышает плавность движения. И последнее, что можно упомянуть – это использование датчиков для обнаружения землетрясений и оползней. Они стоят вдоль дороги. Датчик, при обнаружении опасности или проблемы, моментально передаёт информацию, благодаря которой останавливает поезд.

2. Китай. Высокоскоростное движение. К плюсам можно отнести низкую стоимость строительства, если сравнивать с Японией и Европой; происходит снижение нагрузки на другие виды транспорта, и также происходит создание новых рабочих мест. Эти рабочие места создаются в различных сферах транспорта: начиная от строительства и заканчивая обслуживанием инфраструктуры и управлением вместе с обслуживанием поездов. В минусы можно отнести зависимость от иностранных технологий, которые применяются в строитель-

стве железнодорожных путей; также происходит негативное влияние на окружающую среду, включающую в себя вырубку лесов, загрязнение водоёмов и в виде шума. Китайское строительство отличимо от других стран тем, что широко используют сборные конструкции и бесстыковые пути. Строятся высокие эстакады и длинные туннели. Это делается для того, чтобы снизить уровень воздействия на окружающую среду.

3. Франция. Train a Grande Vitesse. К плюсам относятся специально построенные линии, на которых поезда развивают скорость до 320 км/ч. Ещё относится комфорт, безопасность, развитие регионов и снижение нагрузки на другие виды транспорта. Можно сказать, что плюсы у Японии, Китая и Франции идентичные. Минусы же схожи: высокая стоимость строительства и билетов. Чтобы построить специальные спроектированные линии, то требуются большие затраты и это ограничивает географическую сеть. Главным минусом является ограниченная гибкость – Train a Grande Vitesse привязан лишь к железнодорожной сети и расписанию. Особенности строительства – прямолинейность трассы, ведь проектируются специально без поворотов и уклонов; присутствуют большие радиусы кривых – не меньше 4 километров. Недалеко от населённых пунктов, чтобы не беспокоить местное население, устанавливают специальные шумозащитные экраны, чтобы понизить шум от поездов. За всё это время существования Train a Grande Vitesse известны несколько случаев, когда поезд сошёл с рельсов; крушение 2015 года на новой линии Париж – Страсбург, где погибло 11 человек; 2024 года из-за разных диверсий были совершены сбои в движениях поездов.

Применение высокоскоростного движения в России выдвинуто на государственном уровне. Это решение выдвинуто в «Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года» и в Указе Президента РФ «О мерах по организации движения высокоскоростного железнодорожного транспорта в Российской Федерации». Основным критерием такого решения стало снижение нагрузок на существующие транспортные сети, ещё сокращение выбросов разных газов, а также создание новых рабочих сил в сфере строительства и обслуживания. В существующие планы входят такие линии, как: реконструкция железной дороги Москва – Санкт-Петербург (ранее упоминали об этой линии). Планируется повысить скорость движения, чтобы было выше 200 км/ч; до 2030 года собираются развивать высокоскоростное движение 300–400 км/ч по направлениям Москва – Казань – Екатеринбург (проект, который должен будет соединить центральную часть страны с Уралом. Это позволит улучшить транспортную доступность регионов друг с другом), Казань – Самара и Омск – Красноярск; и последний известный план – это модернизация участка Туапсе – Адлер.

В России хотят также развивать высокоскоростное движение по некоторым причинам. Во-первых, это позволит сократить время передвижения из одного города в другой, повышая мобильность населения и стимулировать совершать поездки внутри страны. Во-вторых, будут появляться рабочие места на вакансии, связанные со строительством или же эксплуатациями. В-третьих, последнее, не мало важное, это развитие цифровой экономики, для управления движением поездов, обслуживания инфраструктуры. Однако реализация высокоскоростных движений в России содержат в себе разные нюансы, включая в себя, как минимум, огромные затраты, полную перестройку инфраструктуры. Чтобы внедрение скоростной дороги была успешной, надо тщательно спланировать проекты.

Рассматривая Китай и их высокоскоростные движения, то для России будут полезны быстрые темпы строительства, ориентация на отечественные технологии – развитие собственной промышленности и уменьшение зависимости импорта и, главным плюсом является низкая стоимость реализации проектов по сравнению с Японией. Значительных минусов как таковых не имеется.

И последнее сравнение Франция с их Train a Grande Vitesse. Для России будут полезны для использования строительства железной дороги на большие расстояния. К минусам относят высокую стоимость на строительство таких проектов, адаптацию к суровым климатическим условиям на территории России и, главный минус, это зависимость от европейских технологий.

Выводы. Таким образом, Россия должна стремиться к созданию собственных высокоскоростных движений, учитывая плюсы мировых проектов. Важным фактором является государственная поддержка, чтобы реализовать большие проекты в области высокоскоростных движений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1 Феданов Н. С. Развитие высокоскоростного железнодорожного движения транспорта / 2019. URL <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-vysokoskorostnogo-zheleznodorozhnogo-transporta/viewer> (дата обращения: 09.03.2025)
- 2 Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции «Неделя науки – 2022» : сборник научных трудов. Москва : РУТ (МИИТ), 2022. 640 с.
- 3 Arthaud F., Lecoeur G., Pierre A. TRANSFORMERS à GRANDE VITESSE: MASSIVELY PARALLEL REAL-TIME PREDICTIONS OF TRAIN DELAY PROPAGATION // JOURNAL OF RAIL TRANSPORT PLANNING AND MANAGEMENT. 2024. URL <https://elibrary.ru/item.asp?id=65800878> (дата обращения: 09.03.2025)
- 4 Гутник Е. Ю., Котолян Г. О., ВСМ: ИНЖЕНЕРНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ / ВЕСТНИК ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ / 2018. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=67204012>
- 5 Журнал «Эксперт»: ВСМ как технологический вызов: 3–9 июня 2019. №23. URL: <https://expert.ru/expert/2019/23/vsm-kak-tehnologicheskij-vyzov/>

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫДВИЖНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО МОСТА: ЗАДУМКА И ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

А. А. Жвавая¹, Т. Р. Кадыров²

Введение. Железнодорожные мосты играют неотъемлемую часть в транспортной инфраструктуре. Без этих сооружений невозможно было бы представить прохождение препятствий на прямую. Современные решения в области выдвижных железнодорожных мостов требуют новых решений. Недостаточно инновационных и эффективных типов мостов, что ограничивает строительство новых железных дорог. Поэтому, анализируя возможность и нынешнее положение, существует большая вероятность спроектировать выдвижной железнодорожный мост.

Целью работы: разработка концепций и анализ возможности реализации инновационного выдвижного моста, который находится на определённой высоте над уровнем земли. Данная работа предполагает собой создание сооружения, который будет соединяться из одной точки в другой при помощи выдвижного механизма. Будет также исследование проводится в оптимальном техническом решении, который в свою очередь будет обеспечивать надёжность, безопасность и экономическую целесообразность.

Основная часть. Разводной мост – это мост с подвижным пролётом, предназначенный для передвижения под них морских судов. В основном такие мосты воздвигают для переправы через реки и каналы. В случае данной работы выдвижной железнодорожный мост нужен будет не для пропуска судов, а для сокращения пути и экономии ресурсов при строительстве. В России существуют также выдвижные мосты: разводной мост в Санкт-Петербурге, вертикально – подъёмный мост в Архангельске, Шиженский железнодорожный мост на Беломор-Балтийском канале, Ростовский подвижной (подъёмный) железнодорожный мост.

Кроме вышеперечисленных видов разводных мостов существуют и другие: отодвигаемый понтонный, складной мост, сворачивающийся мост, поворотный двухрукавный, затопляемый мост и так далее. Но у всех этих видов одна цель – выдвижение моста с целью пропуска судов.

¹ Жвавая Анна Алексеевна – студент группы СЖД-33, институт ТСПС

² Кадыров Тимур Радикович -преподаватель кафедры «Железнодорожный путь и строительство»

У таких видов мостов достаточно много преимуществ, если сравнивать с обычными постройками (неподвижными мостами):

- 1) Обеспечение без проблем пропуск судов;
- 2) Экономическое значение;
- 3) Технические инновации.

Но такие постройки не могут обходиться без недостатков. В этом случае он один:

- 1) Большое внимание к обслуживанию технических и ремонтных работ.

В рамках данной работы будут представлены концептуальные исследования и предложены перспективные технические решения для строительства выдвигного железнодорожного моста, который не предназначен для обеспечения судоходства. В дальнейших целях эта тема будет развиваться для реализации данного проекта. Сама конструкция представляет собой два объекта с двух сторон. На основной части конструкции (возьмём для ориентирования левую сторону) будет выдвигаться железная дорога. Конструкция будет состоять из четырёх частей: специальная поддерживающая конструкция, конструкция ВСП, подложка для поддержания выдвигного моста и, последний не мало важная часть, установление фундамента.

Поддерживающая конструкция должна будет находиться на определённом расстоянии обрыва, поддерживая специальный отсек с железной дорогой. Это надо для обеспечения большей безопасности при выдвигении дороги, обрамляющая мост, чтобы сам отсек не просел. Далее следует сам отсек с железной дорогой (ВСП), из которого будет выдвигаться сооружение, в последствие образовавший мост. Для этого будет использован механизм, схожий с эскалатором (выдвижение и продвижение участка). Третья часть – подложка для поддержания выдвигного моста. Это ещё один из необходимых элементов для поддержания безопасности при выдвигении моста. Подложка будет выдвигаться не второй точки, а до определённой длины, для обеспечения устойчивого передвижения поезда. И последняя часть также является безопасным элементом – это фундамент. Предполагается, что будет для начала одна линия передвижения по такому мосту. Так что для повышения уровня безопасности стоит сделать от четырёх до шести больших опор, построенные в землю, или же в местность, на которой будет строиться данный мост (рис. 1).

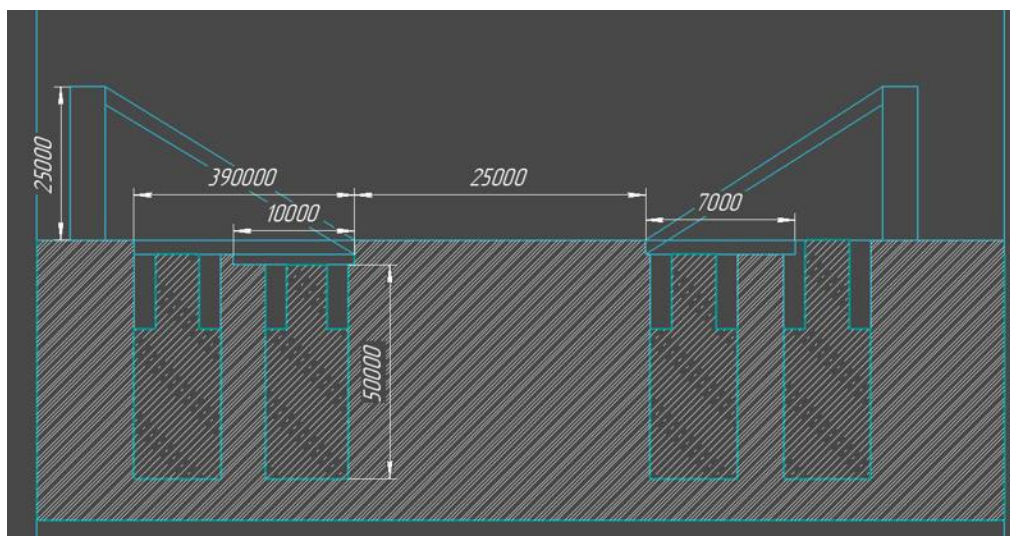


Рис. Пример того, как должен выглядеть выдвигной железнодорожный мост.

На правой стороне (куда будет входить железная дорога). Будут схожие системы: специальная поддерживающая система, отсек для захода дороги, фундамент. Если с первым и третьим понятно, то перейдём сразу к отсеку для захода дороги. По длине будет отличаться от левой стороны – меньше (вероятнее длина отсека будет составлять 1/3). Ранее отмечалось, что в этот отсек будет заходить железная дорога, но для фиксации потребуется специальный механизм, чтобы само сооружение не подвергалось деформации. Только при фиксации доро-

ги поезд сможет проехать через такой мост. После того, как поезд проедет это сооружение и определённую дистанцию, то мост будет разбираться, т. е. сработает датчик с правой стороны, дающий отчёт, что мост может собираться в первоначальную конструкцию. Тогда левая сторона будет работать со своим механизмом наоборот – собирать в свой отсек железную дорогу. Таким образом, такое строительство позволит построить новый вид моста.

Для первого опыта можно попробовать замоделировать малый мост – до 25 метров. Но для большой наглядности стоит замоделировать средний мост – от 25 метров до 100 метров. Разберёмся с фундаментом. Их пять видов: мелкого заложения, глубокого заложения, свайные, колодцы и кессоны. Для построения выдвижного моста, находившегося на обрыве больше всего, подойдёт фундамент глубокого заложения. Выбор пал на этот вариант из-за использования, когда грунт ненадёжен, а устойчивость моста требует большей глубины. И они идеально подойдут для больших нагрузок. Материал для железнодорожного моста можно использовать железобетон. Железобетонные по сравнению с металлическими конструкциями долговечны и не требуют сильных затрат на содержание. Если же строить средний выдвижной мост, то тоже подойдут железобетонные строения, только для этого потребуются более мощные поры.

Перед началом строительных работ необходимо провести полное обследование площадки с целью оценки её пригодности и возможности возведения сооружения. Если грунт и поверхность соответствуют проектным требованиям, то сначала делаем фундамент глубокого заложения, следующим этапом является отсек для выдвижения подложки под рельсы. Она представляет собой прямоугольную конструкцию, в котором будет подложка и специальный механизм, благодаря которому будет выдвигаться плита. Для малого моста можно использовать длину подложки 7,5–10 метров. Для среднего моста – 35–45 метров. Следующий этап – строительство отсека с железной дорогой. На левой стороне понадобится отсек с длиной самой дороги (малый – 25 метров, средний – от 25 до 100 метров). Но стоит учитывать, что надо добавить несколько метров, чтобы мост можно было зафиксировать. Так что понадобится + 4–7 метров с двух сторон. В отсеке будет сама железная дорога вместе с выдвигающимся механизмом. И стоит учесть, что этот отсек с выдвижной дорогой будет находиться на уровне с поверхностью землёй. Последний этап – строительство поддерживающей конструкции. Она должна будет находиться подальше от края обрыва, откуда будет начинаться выдвижение железной дороги. Присоединяется с помощью железных балок, которые будут поддерживать отсек с выдвижной дорогой. Такой же принцип строительства на противоположной стороне. Стоит предусмотреть, что железная дорога должна быть намертво стальной, таким образом следует разработать и изготовить новый элемент конструкции – железобетонная балка. Она будет крепиться с двух сторон шпалы, для обеспечения полной безопасности.

Такой мост идеально подойдёт для перевозки грузов в срочном порядке. Чтобы не совершать лишние круги, то можно воссоздать такой мост, не растрачивая лишнее время. Если выдвижной железнодорожный мост успешно себя проявит при расчетах, то можно будет введён в эксплуатацию для общественного использования, чтобы перевозить пассажиров быстрее и комфортнее. При оценке окупаемости может быть зафиксировано увеличение прибыли.

Для обеспечения безопасности и надёжности конструкции требуется детальная проверка сооружения. Работник должен находиться недалеко от такого моста, и проверять на наличие повреждений или же отказов механизмов работать. Также нужны специальные датчики. При приближении поезда механизм через контакт передаст датчику у моста, что подъезжает поезд. Пока поезд подъезжает, то мост будет самостоятельно выдвигаться. При успешном выдвижении поезд проедет, вновь сработает датчик, и железная дорога начнёт задвигаться. Однако, существует вероятность возникновения нештатных ситуаций. Например, пока мост выдвигается, то может произойти сбой. Тогда проверяющий (рабочий) обязан провести немедленную проверку моста. Чтобы таких ситуаций было меньше, можно встроить для выдвижного моста два вида – автоматический и механический. При автоматическом выдвижении мост сам выдвигается. А при механическом сотрудник сам выдвигает его.

Перейдём к сравнению с обычным железнодорожным мостом есть существенные плюсы и минусы. По цене, вероятнее всего, будет стоит дешевле обычный железнодорожный мост (таблица 1)

Таблица 1

Критерий	Виды мостов	
	Обычный жд мост	Выдвижной жд мост
Конструкция	Стандартная, обычная	Сложная
Долговечность	Более долговечны	Требуют дополнительных проверок
Стоимость	Средняя	Высокая
Мостовые нагрузки	Ограничены по весу и размеру	Возможно, сможет выдерживать большие нагрузки
Время передвижения	Через объезды	Способность преодолевать их за короткие сроки
Заходящие пути	Могут потребовать дополнительного пространства	Меньше пространства для выдвижения железнодорожного моста

Заключение. По полученным данным можно сделать определённые выводы. Такой мост возможно спроектировать. От него будут и плюсы, и минусы. Начиная от экологического следа и заканчивая технологическими инновациями – всё это можно отнести к новому виду выдвижного железнодорожного моста. В дальнейшем, при развитии темы, планируется провести моделирование и расчеты моста на все виды нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Жвава А. А. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=79697510>
- 2 Лещинский, А. В. Введение в специальность «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» : учебник для вузов / А. В. Лещинский. 2-е изд., доп. Москва: Издательство Юрайт, 2025. 270 с. (Высшее образование). ISBN 978–5–534–14554–0.
- 3 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43925903>

ОТСЛЕЖИВАНИЕ ИНВЕНТАРНЫХ РЕЛЬСОВ

М. А. Доронина¹, Т. Р. Кадыров²

Введение. В настоящее время железнодорожный транспорт России играет ключевую роль в экономике страны, обеспечивая бесперебойные перевозки пассажиров и различных видов груза на дальние расстояния, что особенно важно для нашей страны с большой территорией. Это имеет особое значение для такой обширной страны, как Россия.

Таким образом, для путевого хозяйства главной задачей является бесперебойное и безопасное движение подвижного состава. Где, в свою очередь состояние железнодорожного полотна подвержено негативному влиянию различных факторов. Среди них – постоянная вибрация от проходящих поездов, температурные перепады, воздействие окружающей среды, которые пагубно влияют на эксплуатационные характеристики и на железнодорожный путь в целом. В настоящее время для сокращения эксплуатационных расходов на железнодорожном пути является укладка бесстыкового пути, который имеет больше преимуществ от звеньев.

Основная часть. Во время капитального обновления или реконструкции верхнего строения бесстыкового пути, временно устанавливается звеньевой путь. В этом случае используются инвентарные рельсы, скрепляемые между собой посредством накладок.

Бесстыковой путь снижает затраты на содержание пути в зоне стыков, таким образом сокращаются объемы путевых работ, увеличивая сроки службы элементов верхнего строения

¹ Доронина Маргарита Анатольевна – студент группы СЖД-12, институт ТСПС

² Кадыров Тимур Радикович – преподаватель кафедры «Железнодорожный путь и строительство»

железнодорожного пути. К элементам верхнего строения пути относятся: рельсы, крепления, шпалы, балласт и конструкции для соединения и пересечения путей (рис.1).

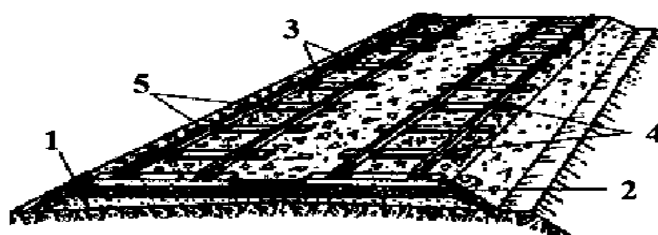


Рис. 1. Элементы верхнего строения пути:

1 – песчаная подушка, 2 – балластный слой, 3 – шпалы, 4 – рельсовые крепления, 5– рельсы

Инвентарные рельсы представляют собой многократно используемые одиночные рельсы длиной 12,5–25 метров, на которых собирается и укладывается путь с рельсошпальной решеткой. Их главная задача заключается в отделочных работах, а именно для дальнейшей замены сварными плетями бесстыкового пути.

Инвентарными рельсами относятся к I–III группы годности, обеспечивая шаблонное содержание пути со всеми установленными допусками. Данный вид рельсов служат для ремонта бесстыкового пути для отделочных работ и стабилизации пути. В устройстве бесстыкового пути чаще всего совмещается с производством капитального ремонта, где звенья путевой решетки укладывают собранные с инвентарными рельсами. По окончании всех отделочных работ и полной стабилизации пути, инвентарные рельсы заменяют плетями бесстыкового пути.

Основной проблемой, связанной с инвентарными рельсами, является их потеря по таким причинам как: хищение, небрежность (человеческий фактор). Рассматриваемая проблема приводит к авариям и задержкам на железных дорогах, принося ущерб ОАО «РЖД».

Для предотвращения потерь инвентарных рельс в случае оставления их на перегонах, предлагается внедрение ГЛОНАСС-маячков (рис. 2). Способ применения которых заключается в закреплении ГЛОНАСС-маячка на шейку рельса с помощью магнитов. Далее через приложение будет отслеживаться местонахождение инвентарного рельса через систему спутниковой навигации, подавая оповещение о его нахождения за пределами установленной зоны, преждевременно сигнализируя о попытках его несанкционированного удаления. Каждый маячок, имея свой номер и привязанного к определенному инвентарному рельсу, будет легче отслеживать его нахождения на головке рельса и работоспособность, с температурным диапазоном от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

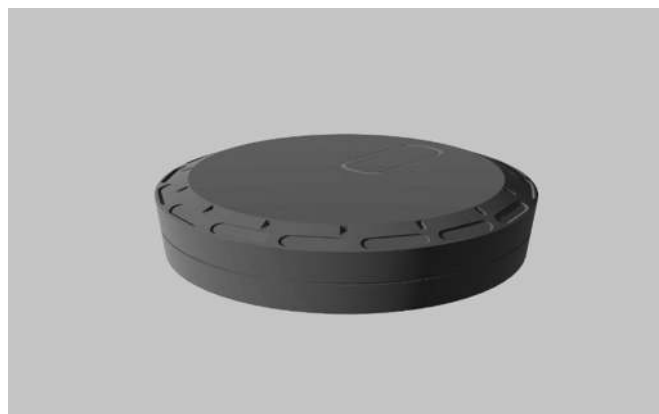


Рис. 2. 3D модель ГЛОНАСС-маячка

ГЛОНАСС-маячок предлагается сделать в герметичном корпусе из ударопрочного пластика (металлический) класса защиты IP67 (где 6 – оборудование полностью защищается от попадания пыли и ударов о твердую поверхность, 7 – оборудование имеет защиту от попадания внутрь воды), благодаря чему продлится срок использования (что предполагает долгий срок службы).

Работа ГЛОНАСС-маячка предполагается на автономном питании с использованием съемного аккумулятора [8], с периодическим снятием с инвентарного рельса для подключения к электропитанию и подзарядке. Способ прикрепления магнитами ГЛОНАСС-маячка к шейке инвентарного рельса способствует крепкому закреплению к объекту и легкости в использовании (рис. 3).



Рис. 3. Способ прикрепления ГЛОНАСС-маячка на шейку инвентарного рельса

Характеристики ГЛОНАСС-маячка:

Габариты – 70×70×30 (мм)

Навигационный приемник – ГЛОНАСС

Элемент питания – Аккумулятор Neovolt для Volvo ЭРА Глонасс (емкость – 850 мАч., напряжение – 8 В)

Корпус – ударопрочный пластик

Принцип работы ГЛОНАСС-маячка:

1. Активировать маячок.
2. Привязать его к рельсу через приложение с последовательным закреплением территории.
3. Прикрепить на шейку рельса.

Преимуществами предлагаемого способа состоит в быстром отслеживании и обнаружение инвентарных рельс, а также в снижении потерь, что в свою очередь предотвратит количественные потери инвентарных рельс.

Заключение

Внедрение ГЛОНАСС-маячка позволит существенно повысить эффективность контроля за перемещением и состоянием инвентарных рельсов в дистанционном режиме. Благодаря точному позиционированию, которое обеспечивает ГЛОНАСС система, возрастает возможность оперативно определять местонахождение каждого инвентарного рельсы в режиме реального времени. Что, в свою очередь, снижает риски потерь и хищений, а также упрощает процесс инвентаризации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Егиязарян А.В., Белкина О. С., Пешков Н. В., Замена инвентарных рельсов на плети бесстыкового пути с одновременной их постановкой расчетный интервал температур закрепления // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2016. Том 1. С 441–444
- 2 Способ смены инвентарных рельсов и старых рельсовых плетей бесстыкового пути // Патент СССР № 927718/27 – 11.1967/ Бромберг Е.М., Гойхман Н.М.
- 3 Ашпиз Е.С., Гасанов А. И., Глюзберг Б.Э. Железнодорожный путь: учебник. М., 2013. 544 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/35749>
- 4 Карпущенко Н.И., Осипов В. Г., Грищенко В. А., Проблемы и перспективы развития бесстыкового пути // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2016. Том 4. С 23–34

- 5 Технологический процесс замены инвентарных рельсов на бесстыковые рельсовые плети [Электронный ресурс]. URL: <https://tgarantproekt.ru/technologicheskij-process-zameny-inventarnyx-relsov-na-besstykovye-relsovye-pleti/>
- 6 Инвентарные рельсы [Электронный ресурс]. URL: <https://ngpedia.ru/id397981p1.html>
- 7 Аккумулятор Neovolt для Volvo ЭРА Глонасс [Электронный ресурс] /URL: <https://neovolt.ru/akkumulyatory-dlya-era-glonass/element-pitaniya-neovolt-dlya-volvo-era-glonass-31450445-32279613.html>
- 8 Доронина М. А., Применение технологий AR и VR в путевом комплексе // Наука и образование транспорту. 2024. Том 2. С 141–143

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОБОЕВ ИЗОЛЯЦИИ НА ТЯГАХ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

К. Н. Касимова¹, Т. Р. Кадыров²

Введение. Обеспечение безопасности движения поездов – одна из основных задач при эксплуатации железнодорожного транспорта. Главным направлением, в обеспечении безопасности движения в Компании является «Функциональная стратегия обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса».

Цель и задачи реализации Функциональной стратегии обеспечения гарантированной безопасности движения поездов – обеспечение провозной способности объектов инфраструктуры путевого хозяйства и повышение эффективности перевозочного процесса при соблюдении достаточного уровня безопасности движения до уровней, определенных параметрами стратегической программы ОАО «РЖД», обусловленные выявлением несоответствий технического состояния пути на ранней стадии. Для этого необходимо локализовать причину вариаций, а не бороться с ее последствиями [1].

Повысить уровень безопасности невозможно без обеспечения надежной работы одного из важнейших устройств железнодорожной автоматики и телемеханики – стрелочного электропривода [2].

Основная часть. В железнодорожной отрасли, обеспечение бесперебойной и безопасной работы стрелочных переводов играет важную роль. Стрелочные электроприводы являются ключевым элементом этой системы, а надежная изоляция тяг – необходимым условием их корректного функционирования. Проблемы изоляции стрелочных переводов могут возникнуть по целому ряду причин, как связанных с конструкцией и материалами, так и с условиями эксплуатации и обслуживания.

Некоторые причины сходов и отказов на стрелках:

- **Разъединение стрелочных остриек и подвижных сердечников крестовин с тягами.** Это приводит к потере управляемости стрелочного перевода, что может вызвать сход поезда с рельсов. Причиной может быть износ деталей или неправильная регулировка.

- **Отставание острия от рамного рельса, подвижного сердечника крестовины от усовика на 4 мм и более.** Такое отставание увеличивает риск зацепления колёсной пары за остриек, что опасно сходом поезда.

- **Выкрашивание острия или подвижного сердечника.** Выкрашивание уменьшает площадь соприкосновения колеса с рельсом, что ухудшает управляемость поезда.

- **Понижение острия против рамного рельса и подвижного сердечника против усовика на 2 мм и более.** Понижение может привести к ударным нагрузкам на колёсную пару и повышенному износу рельсового пути.

¹ Касимова Камилла Наилевна – студент группы СЖД-41, институт ТСПС

² Кадыров Тимур Радикович – преподаватель кафедры «Железнодорожный путь и строительство»

- **Расстояние между рабочей гранью сердечника крестовины и рабочей гранью головки контррельса** менее 1472 мм. Это может привести к недостаточному направлению колеса по стрелке, что увеличивает риск схода с рельсов.

- **Расстояние между рабочими гранями головки контррельса и усовика** более 1435 мм. Увеличенное расстояние снижает эффективность контррельса и может привести к сходу поезда.

- **Излом остряка или рамного рельса.** Такая поломка является критической и требует немедленного ремонта, так как нарушает целостность пути.

- **Излом крестовины** (сердечника, усовика или контррельса). Излом любого из элементов крестовины может привести к невозможности перевода стрелки и сходу поезда.

- **Разрыв одного контррельсового болта** в одноболтовом или обоих в двухболтовом вкладыше. Это нарушение фиксации контррельса, что снижает его стабильность и может вызвать сход поезда.

- **Вертикальный износ остряков, рамных рельсов и крестовин.** При вертикальном износе рамных рельсов гребень колеса приближается к головке остряка и ответственным элементам крепления стрелки, что может привести к удару гребня в торец остряка или наезд гребня на крепления.

- **Поломка переключающего устройства.** Это может привести к заклиниванию механизма, например, в верхней позиции, или к недостаточному срабатыванию, что может вызвать сход поезда [3].

Сходы и отказы стрелок создают для работников путевого хозяйства немалый объем работ, который требует высокой ответственности, квалификации и оперативности.

При сходе подвижного состава нужно провести оценку масштаба происшествия, огрaдить эти места, провести осмотр и выявить причину схода. Далее путейцы занимаются восстановлением пути, где нужно поднять и установить на путь сошедший подвижной состав, отремонтировать или заменить поврежденные участки пути. Это работа в “окна” то есть в то время когда движение поездов на данном пути приостановлено, и это значит что работу нужно проводить организованно и быстро.

При отказе стрелок нужно провести диагностику неисправности, для этого необходимо использовать специализированное оборудование. После диагностики проводится ремонт стрелочного перевода регулировка стрелки. Эта работа требует оперативности, поскольку отказ на стрелках может привести к задержкам поездов, следует соблюдать осторожность чтобы не допустить поражение электрическим током, также данная ремонтная работа требует согласования с диспетчером.

Сходы и отказы стрелок создают проблемы и для специалистов службы сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ).

Происходит нарушение работы сигнальной системы, то есть: некорректная индикация положения стрелки, отказ стрелки может привести к тому, что на пульте у диспетчера будет отображаться неправильное положение стрелочного перевода. Ложная занятость и ложная свобода.

Повреждение оборудования СЦБ: повреждение кабельной линии, повреждение электропривода и релейной аппаратуры.

Также сход вагона может повредить светофоры и путевые знаки, что затрудняет организацию движения поездов. При отказе стрелки появляется необходимость перевода стрелки вручную, что требует соблюдения правил безопасности и согласования с диспетчером.

Повреждение стрелочного перевода может быть из-за пробоя изоляции, который сигнализируется загоранием соответствующей индикации у дежурного по станции. Это серьезная неисправность, которая требует быстрого вмешательства, поскольку может повлечь за собой ряд опасных последствий: ложная индикация стрелки, на пульте ДСП будет отображаться неправильное положение стрелки; невозможность перевести стрелку дистанционно; срабатывание защиты и отключения электропривода от электропитания; из-за длительного воздействия повышенного тока при пробое изоляции может приводить к повреждению других

элементов электропривода; может произойти возгорание, что приведет к пожару; задержка движения поездов; нарушение безопасности движения; снижение пропускной способности станции. [4]

Способы решения проблемы пробоя изоляции:

- Замена поврежденных изоляторов.
- Очистка изоляторов от загрязнений.
- Устранение причин повышенной влажности.
- Проверка регулировочных работ.
- Улучшение конструкции изоляторов. Замена старых изоляторов на новые, с более надежной конструкцией и лучшими диэлектрическими свойствами.
- Внедрение системы мониторинга состояния изоляции. Установка датчиков для постоянного контроля сопротивления изоляции и автоматического оповещения о возникновении проблем.
- Регулярные осмотры.

Пробой изоляции в стрелочных переводах – серьезная проблема, требующая комплексного подхода к ее решению. Важно не только оперативно устранять последствия, но и выявить и устранить причины, а также проводить профилактические мероприятия для предотвращения их возникновения в будущем.

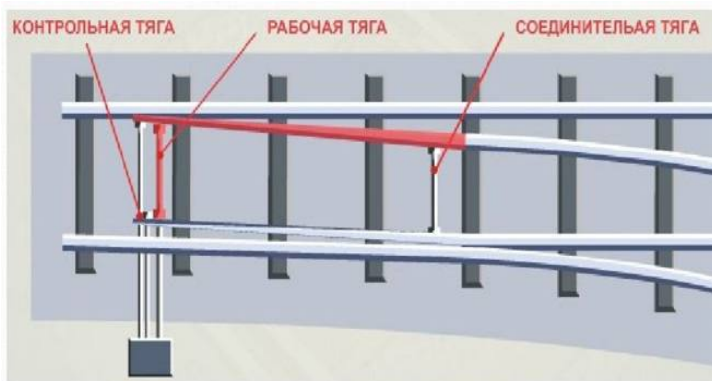


Рис. 1. Схема стрелочных тяг



Рис. 2. Места, где возможен пробой изоляции

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Евразия Вести I 2011 / Безопасность движения поездов в путевом хозяйстве. URL: <http://eav.ru/publ1.php?publid=2011-01a10>
- 2 Евразия Вести VII 2004 / Бесколлекторный управляемый двигатель – будущее стрелочных переводов. URL: <http://eav.ru/publ1.php?publid=2004-07a24>
- 3 Виды неисправностей стрелочных переводов. URL: <https://5437-00.ural-soft.info/stati/belogorskaya-distanciya-scb/>
- 4 Кологривая И.Е., Фролова О.В. Безопасность движения на железных дорогах. 2018. URL: https://lk.dvgups.ru/public/upload/img_tpls/aaf6a0dfb9ac47fc476dc20d25a94213/images/Kologrivaja_UP_93D47.pdf

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ВБЛИЗИ МЕСТ ВЫХОДА КРУПНОРОГАТОГО СКОТА НА ПУТЬ

А. С. Белко¹, Т. Р. Кадыров²

Введение. Железнодорожный транспорт играет ключевую роль в экономике, обеспечивая перевозку грузов и пассажиров на большие расстояния. Поддержание бесперебойной и безопасной работы железнодорожной сети – задача первостепенной важности, требующая комплексного подхода к управлению рисками и предотвращению аварийных ситуаций. В сельских районах, где железнодорожные пути проходят вблизи сельскохозяйственных пастбищ, одним из значительных факторов, влияющих на безопасность движения, является неконтролируемый выход крупного рогатого скота (КРС) на железнодорожный путь.

Неконтролируемое появление КРС на железнодорожном полотне представляет собой серьезную угрозу как для безопасности движения поездов, так и для благополучия животных. Столкновение поезда с животным может привести к значительным повреждениям локомотива и вагонов, сходам с подвижного состава, задержкам в движении и, что самое трагичное, к травмам и гибели людей.

Основная часть. Выход крупного рогатого скота на железнодорожный путь представляет собой сложную проблему, обусловленную совокупностью взаимосвязанных факторов, которые можно условно разделить на инфраструктурные, организационные, природные и человеческие.

Прежде всего, недостаточное состояние и отсутствие ограждений играют ключевую роль. В идеальном мире вдоль каждого участка железной дороги, проходящего через сельскохозяйственные угодья, должны быть установлены прочные и надежные ограждения. Однако, в реальности, часто встречается либо полное отсутствие ограждений, что, очевидно, снимает любые препятствия для выхода животных на пути, либо их неудовлетворительное состояние. Ограждения могут быть повреждены из-за вандализма, стихийных бедствий (например, падения деревьев, наводнений или сильных ветров), дорожно-транспортных происшествий, или просто из-за естественного износа и отсутствия регулярного технического обслуживания. Деревянные заборы гниют, металлические ржавеют, сетка-рабица прорывается, а бетонные конструкции разрушаются со временем. Образующиеся дыры, проломы, провисания и другие дефекты становятся легким под ними.

Второй важной группой причин является неправильная организация выпаса и содержания крупного рогатого скота. Владельцы скота не всегда обеспечивают надлежащий контроль за своими животными во время выпаса. Отсутствие пастухов, небрежное отношение к соблюдению границ пастбищ, использование неэффективных методов удержания животных – все это увеличивает риск выхода скота за пределы отведенных территорий. Особенно опасна близость пастбищ к железнодорожным путям. Чем ближе пастбище к дороге, тем выше вероятность того, что животные окажутся на путях, особенно если ограждения отсутствуют или находятся в плохом состоянии. Нередко, владельцы скота пренебрегают правилами выпаса, установленными местными органами власти. Это может включать выпас в ночное время, когда видимость ограничена и контроль за животными затруднен, или выпас в запрещенных местах, например, вблизи железнодорожных путей без надлежащих ограждений.

Не следует недооценивать влияние природных факторов и особенностей местности. Сложный рельеф местности, например, наличие оврагов, холмов, лесных массивов или заболоченных участков вблизи железнодорожных путей, может значительно затруднять установку и поддержание ограждений в надлежащем состоянии. Животные могут использовать эти естественные укрытия для перемещения к железной дороге, оставаясь незамеченными. В засушливые периоды или в районах с ограниченными водными ресурсами, крупнорогатый скот может

¹ Белко Анастасия Сергеевна – студент группы СЖД-31, институт ТСПС

² Кадыров Тимур Радикович – преподаватель кафедры «Железнодорожный путь и строительство»

быть привлечен к железнодорожным путям в поисках воды, которая может скапливаться в канавах или кюветах вдоль дороги. Также животных может привлекать сочная трава, растущая вдоль путей, особенно если на пастбищах ее недостаточно. Железнодорожные пути могут пересекать традиционные миграционные пути диких животных, что также увеличивает риск выхода КРС на полотно, особенно если домашний скот находится на свободном выпасе. Экстремальные погодные условия, такие как сильные морозы, снегопады, ливни или наводнения, могут повреждать ограждения, затруднять контроль за выпасом скота и способствовать перемещению животных в поисках укрытия или более благоприятных условий.

Наконец, нельзя исключать человеческий фактор. Небрежность и халатность владельцев КРС, их небрежное отношение к содержанию и выпасу скота, а также игнорирование правил безопасности являются одними из основных причин выхода животных на железнодорожные пути. Умышленное повреждение ограждений с целью облегчения прохода животных или из хулиганских побуждений (вандализм) также является распространенной проблемой. Недостаточная осведомленность владельцев КРС о правилах выпаса и мерах безопасности вблизи железнодорожных путей также играет свою роль. Многие владельцы скота просто не осознают всей серьезности последствий выхода животных на пути и не принимают достаточных мер для предотвращения таких инцидентов.

В дополнение к вышеперечисленным факторам, существуют и другие, менее очевидные причины. Например, наличие соли (которая может использоваться для обработки путей от обледенения) или привлекательных для животных растений вблизи железнодорожных путей может привлекать КРС. Конструктивные особенности путевого хозяйства, такие как удобные переходы через пути, также могут облегчать животным доступ к железнодорожному полотну. Недостаточное взаимодействие между железнодорожными организациями и владельцами КРС, отсутствие эффективного обмена информацией о возможных рисках и проблем.

В настоящее время для защиты железнодорожных путей от выхода крупного рогатого скота используются различные типы ограждений, выбор которых зависит от множества факторов. Наиболее распространенными являются традиционные заборы из дерева, металла или бетона, отличающиеся простотой установки и визуальной заметностью, но требующие регулярного обслуживания. Более экономичным вариантом является сетка-рабица, однако она менее прочна и требует частой проверки и ремонта. Сетка из сварной проволоки, хоть и дороже, но обеспечивает большую прочность и долговечность. Электрические изгороди представляют собой эффективное и относительно недорогое решение, но зависят от источника питания и требуют соблюдения правил безопасности. Альтернативным и экологичным вариантом являются живые изгороди из колючих кустарников, однако они требуют длительного времени для формирования и регулярного ухода. Также применяются комбинированные ограждения, сочетающие различные типы предупреждения.

В сложившейся ситуации действия владельцев скота квалифицируются как угрожающие безопасности движения на железнодорожном транспорте. ОАО «РЖД» напоминает, что согласно п.4 ст.11.1 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях от 30 декабря 2001 года №195–ФЗ предусмотрена административная ответственность в виде штрафа за нарушение правил проезда гужевым транспортом и прогона скота через железнодорожные пути, а также за нарушение правил выпаса скота вблизи железнодорожных путей, угрожающее безопасности движения на железнодорожном транспорте. Штрафы за нарушение правил выпаса скота составляют от 100 рублей, а за повреждение железнодорожной инфраструктуры от 3000 до 50000 рублей. Кроме того, владельцы крупного рогатого скота обязаны возместить ущерб от задержки поезда, а также повреждений локомотива, полученных в результате столкновения с крупным рогатым скотом.

Профилактические мероприятия по предотвращению выгула крупнорогатого скота вблизи железной дороги (беседа с председателями поселков, деревень и руководителями муниципальных районов) на сегодняшний день являются довольно – неэффективными.

Для эффективной борьбы с выходом крупного рогатого скота (КРС) на железнодорожные пути необходим комплексный подход, включающий в себя улучшение инфраструктуры, усиле-

ние контроля, повышение ответственности владельцев скота и внедрение современных технологий. Во-первых, следует провести полную инвентаризацию и модернизацию ограждений вдоль железнодорожных путей, используя прочные и надежные материалы, такие как сварная сетка или бетонные заборы, а также регулярно проводить их осмотр и ремонт. Во-вторых, необходимо установить четкие правила выпаса скота вблизи железнодорожных путей и обеспечить строгий контроль за их соблюдением, включая патрулирование территорий и применение штрафных санкций за нарушения. В-третьих, следует проводить информационно-разъяснительную работу с владельцами КРС, обучая их правилам безопасного выпаса и мерам предосторожности, а также повышая их ответственность за ущерб, причиненный их животными. В-четвертых, возможно внедрение современных технологий, таких как системы GPS-мониторинга перемещения скота и установки камер видеонаблюдения с функцией обнаружения животных на железнодорожных путях, для оперативного реагирования на возникновение угрозы. Наконец, важным является тесное сотрудничество между железнодорожными компаниями, местными органами власти и владельцами КРС для разработки и реализации совместных программ по обеспечению безопасности железнодорожного движения и предотвращению выхода животных на пути.

Также к внедрению современных технологий предлагается разработать специальную систему отпугивания крупнорогатого скота с помощью ультразвукового воздействия, разработка и установка системы ультразвукового отпугивания, интегрированной с существующей инфраструктурой (ограждениями, системами сигнализации). Система будет состоять из модулей, размещаемых вдоль железнодорожного полотна, с возможностью регулировки частоты и интенсивности ультразвука в зависимости от времени суток, погодных условий и предполагаемого вида КРС.

В данный момент разработано много подобных систем отпугивания. Их принцип работы заключается в генерации ультразвуковой волны высокой частоты, неслышимые для человека, но неприятные для КРС. Преимуществами является то, что нет негативного воздействия на человека и относительная энергоэффективность. Недостатками будут: Эффективность может зависеть от ландшафта и погодных условий, ультразвук может блокироваться препятствиями. Необходимо проводить исследования для подбора наиболее эффективной частоты для конкретных пород КРС. Взяв за основу данное устройство, устранив недостатки можно использовать его для исключения проблемы выхода КРС на железнодорожный путь. Несмотря на первоначальные инвестиции в устройство ограждений, затраты на их установку и обслуживание будут полностью оправданы за счет снижения количества сходов подвижного состава, уменьшения числа аварийных ситуаций, сокращения отказов в работе железнодорожного транспорта, а также минимизации сопутствующих расходов на ремонт, страховые выплаты и компенсацию ущерба.

Для преодоления недостатков, связанных с эффективностью в различных условиях, необходимо проведение полевых испытаний в различных климатических зонах и с разными породами КРС. Будут использоваться различные схемы расстановки устройств (с учетом рельефа, наличия препятствий), оптимизированы частоты ультразвука для достижения максимального отпугивающего эффекта и минимизации адаптации животных.

Для обеспечения автономной работы системы предусматривается использование солнечных панелей или других альтернативных источников энергии, что позволит снизить эксплуатационные расходы и повысить надежность.

Для усиления бдительности необходимо рассмотреть возможность интеграции системы ультразвукового отпугивания с существующими системами раннего предупреждения (датчики, видеокamеры). При обнаружении животного на подходе к путям система активирует ультразвуковой сигнал и одновременно отправляет предупреждение машинисту.

Помимо внедрения системы отпугивания, необходимо продолжать работу по совершенствованию ограждений, контролю за выпасом скота и информационно-разъяснительной работе с владельцами КРС, что в комплексе обеспечит наиболее эффективную защиту железнодорожных путей от выхода животных. Следует предусмотреть возможность использования других инновационных решений, например, световых или звуковых сигналов, которые могут дополнить действие ультразвуковых отпугивателей.

Вывод. Проблема выхода крупного рогатого скота на железнодорожные пути представляет собой серьезную угрозу для безопасности движения и требует комплексного подхода к решению. Анализ факторов, способствующих возникновению таких инцидентов, выявил необходимость одновременного решения нескольких задач. Во-первых, критически важно обеспечить надежную защиту железнодорожного полотна путем модернизации и регулярного технического обслуживания ограждений, учитывая при этом особенности местности и применяя современные, эффективные материалы и технологии. Во-вторых, требуется усилить контроль за организацией выпаса скота, повысить ответственность владельцев КРС и проводить систематическую информационно-разъяснительную работу, направленную на повышение осведомленности о правилах безопасности.

Предложенная система ультразвукового отпугивания, в сочетании с интеграцией с существующими системами безопасности, открывает перспективу для повышения эффективности защиты железнодорожных путей и снижения рисков. Однако, успех ее внедрения требует дальнейших исследований, полевых испытаний и адаптации к конкретным условиям.

В заключение, достижение устойчивого снижения аварийности, связанной с выходом КРС на пути, возможно только при условии тесного сотрудничества между всеми взаимодействующими лицами по данному вопросу, что в свою очередь позволит значительно повысить безопасность движения поездов, снизить экономические потери и защитить жизни людей и животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Правила технической эксплуатации железных дорог (дата обращения 12.03.2025). URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=1827>
- 2 Путь и безопасность движения поездов / Под ред. В.Я. Шульги. М.: Транспорт, 1994. 95 с. (дата обращения 12.03.2025). URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001677622/
- 3 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=yrvvxx>

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БЕТОНОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ШЛАКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В. М. Бусалова¹

Введение. Проблема утилизации промышленных отходов, в частности шлаков, является одной из наиболее острых экологических проблем современности. Объёмы образования шлаков в результате деятельности различных промышленности огромны и продолжают расти. Неэффективное управление этими отходами приводит к серьёзному негативному воздействию на окружающую среду и здоровье человека. Например, в металлургической промышленности показатель шлаков составляет десятки миллионов тонн в год для каждой крупной страны–производителя. Большая их часть складывается на открытых территориях–шлакоотвалах. Эти отвалы являются источниками загрязнения окружающей среды. Шлаки могут изменять кислотности почвы или приводить к её засолению, делая её непригодной для выращивания сельскохозяйственных структур. С развитием промышленности и увеличением объёмов производства объёмы образования шлаков постоянно растут, что усугубляет проблему.

В этой статье продемонстрированы некоторые виды шлаков в производстве жаростойких бетонов, которые можно переработать с экологически и экономически выгодной точки зрения. Кроме того, шлаки могут быть ценным вторичным сырьём, способным придать бетонам уникальные свойства. Это также позволяет создать новые виды бетона, востребованные в разных отраслях промышленности [1]. Статья несёт ознакомительный характер и стремится учесть виды шлаков для качественной переработки.

¹ Бусалова Валерия Максимовна – студент группы СЖД-33, институт ТСПС

Основная часть. Жаростойкие бетоны, обладающие способностью сохранять свои физико-механические свойства при воздействии высоких температур, являются незаменимым материалом в ряде ключевых отраслей промышленности. Их востребованность обусловлена необходимостью обеспечения надежности, долговечности и безопасности оборудования и конструкций, работающих в условиях экстремальных температурных режимов. Шлаки – твердый остаток. Образуются, например, при переплавке, термообработке металлических деталей. Они влияют на жаростойкость, прочность, плотность, химическую стойкость, усадку, теплопроводность и водонепроницаемость. Шлаки широко используются в жаростойких бетонах, применяемых для футеровки промышленных печей (металлургических, цементных, стеклоплавильных и т. д.), котлов, дымовых труб, а также других тепловых агрегатов, где требуется устойчивость к высоким температурам, абразивному износу и химической агрессии. Правильный выбор его типа, количества и технологии применения, позволяет создавать высокоэффективные жаростойкие бетоны для широкого спектра применений. Необходимо тщательно учитывать влияние шлаков на технологические свойства бетонной смеси и корректировать состав бетона и технологию производства для достижения наилучших результатов. Очень важно учесть, что свойства сильно зависят от технологии его получения и химического состава. Поэтому необходим тщательный контроль качества шлака.

Доменные шлаки (гранулированные и молотые). Образуются как побочный продукт в доменном производстве чугуна. Гранулированный доменный шлак (ГДШ) быстро охлажденный расплавленный шлак, который приобретает стекловидную структуру. Используется в качестве активной минеральной добавки, реагируя с гидроксидом кальция, образующимся при гидратации цемента, предотвращая разрушение цементного камня [1]. Из гранулированного доменного шлака, подвергнутого помолу до требуемой тонкости, можно получить молотый доменный шлак. Он обладает более высокой реакционной способностью, чем ГДШ, и широко используется в качестве заменителя цемента.

Шлаки, особенно электротермофосфорные шлаки (ЭТФШ), содержат устойчивые к высоким температурам минералы, которые не разлагаются и не теряют свои связующие свойства при нагревании. Они помогают предотвратить образование трещин, вызванных химическими реакциями между компонентами бетона и окружающей средой при высоких температурах. Помимо прочего, они имеют коэффициент термического расширения, близкий к коэффициенту термического расширения заполнителей (огнеупорных или жаростойких), что снижает внутреннее напряжение в бетоне при нагревании и охлаждении.

При высоких температурах шлаки могут спекаться с огнеупорными заполнителями, образуя более плотную и прочную структуру, что повышает устойчивость бетона к эрозии и истиранию.

Жаростойкие бетоны, изготовленные на основе шлаков от выплавки ферросплавов, отличаются от бетонов на металлургических шлаках более высокими физико-механическими и термическими свойствами. С точки зрения сырья для огнеупоров наиболее пригодны каолиновые глины. Каолинит позволяет получить изделия с высокой температурой плавления при оптимальных показателях основных физико-механических свойств. Температура плавления каолинита – 1770 °С. У глин температура плавления значительно ниже, что обусловлено присутствием оксидов железа, фосфора и других оксидов, снижающих температуру плавления [3]. На технологию производства жаростойких бетонов неизменно влияет оптимальное содержание шлака, которое зависит от типа этого шлака. Вход в эксплуатацию жаростойких бетонов должен осуществляться постепенно, с медленным повышением температуры, чтобы избежать термического шока и растрескивания. Необходимо регулярно контролировать состояние жаростойких конструкций, чтобы своевременно выявлять и устранять дефекты.

Шлакопортландцемент, содержащий добавку гранулированного доменного шлака – типичный пример использования минеральной добавки. Такой состав может эксплуатироваться при температурах до 700 °С [1]. Шлакособудержащие жаростойкие бетоны используются для строительства и ремонта дымовых труб, особенно в тех случаях, когда требуется высокая устойчивость к воздействию кислотных газов и высоких температур (например, перекрытия в котельных). Шла-

копортландцемент, произведенный с использованием доменного шлака, широко используется для изготовления жаростойких бетонов, применяемых в цементных печах. Он обеспечивает хорошую устойчивость к воздействию высоких температур и агрессивных химических сред, а также прочность и плотность бетона, повышая устойчивость к абразивному износу и эрозии.

Одна тонна шлака, использованная в производстве бетона, позволяет утилизировать тонну промышленных отходов, которые в противном случае были бы захоронены на полигоне. А замена 30 % цемента доменным шлаком позволяет снизить стоимость жаростойкого бетона на 10–15 %. Производство 1 тонны портландцемента сопровождается выбросом около 0,8–1 тонн CO₂. Замена 30 % цемента шлаком позволяет снизить выбросы CO₂ на 240–300 кг на тонну бетона.

Шлаки могут частично или полностью заменять цемент в составе жаростойких бетонов. Цемент является одним из самых дорогих компонентов бетона, поэтому замена его шлаком значительно снижается себестоимость готового продукта. Особенно заметно снижение стоимости при использовании больших объёмов шлака (например, при производстве шлакопортландцемента). Таким образом, можно сделать вывод о том, что минералы, составляющие структуру шлаков и глины, а также соединения, образующиеся в результате реакций различной природы при гидратации и обжиге, дают возможность использовать глиношлаковые композиты в качестве жаростойких изделий с температурой применения до 1200–1300 °С (температура эксплуатации изделий ограничивается низкой температурой плавления легкоплавких глины) (рисунок 1).

Суд. вязк., м2/кг	Показатель	Температура, °С				
		120	300	700	1000	1200
650	Прочность при сжатии, усж, МПа	10	10	17	27	27
400		8	9	13	28	21
650	Огневая усадка, У, %	–	0,9	0,8	0,4	–4,0
400		–	0,5	1,4	–2,7	–4,6
650	Кажущаяся пористость, Пк, %	21	21	22	21	22
400		24	25	26	26	26

Рис. 1. «Термомеханические свойства образцов жаростойких композиций (соотношение кремнеземистой и шлаковой составляющей 10:1)»

Закключение. Таким образом, использование шлаков в производстве жаростойких бетонов является экономически и экологически целесообразным. Это позволяет снизить стоимость бетона, утилизировать промышленные отходы, снизить выбросы парниковых газов и сохранить природные ресурсы. Учитывая растущие требования в устойчивое развитие и ресурсосбережению, применение шлаков в строительстве будет продолжать расширяться в будущем. Государственная поддержка и стимулирование использования шлаков в строительстве могут способствовать дальнейшему развитию этой отрасли и достижению значительных экономических и экологических выгод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 URL: [https://e.lanbook.com/book/127563?category=931'. %27publisher](https://e.lanbook.com/book/127563?category=931)
- 2 URL: <https://web.snauka.ru/issues/2015/02/46911>
- 3 URL: https://otherreferats.allbest.ru/manufacture/01191677_0.html

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ШПАЛЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

М. А. Доронина¹, А. С. Баранов²

Введение. Шпалы играют ключевую роль в верхнем строении железнодорожного пути. Они укладываются на балластный слой и обеспечивают неизменность взаимного расположения рельсовых нитей, воспринимая давление от рельсов и промежуточных креплений [1].

В настоящее время на железных дорогах России применяются два вида шпал: железобетонные и деревянные. Недостатками железобетонных шпал является их высокий собственный вес, сложность укладки и ограничение применения на искусственных сооружениях. В свою очередь, деревянные шпалы требуют ремонта через относительно короткие временные интервалы и не являются экологичными из-за обработки креозотом.

Несмотря на широкое применение традиционных шпал, требуется внедрение альтернативного решения и материалов, с хорошей сопротивляемостью динамическим нагрузкам и повышенной механической прочностью как на сжатие, так и на растяжение.

Основная часть. Опыт в эксплуатации железнодорожного пути показывает, что движение поездов по пути с железобетонными шпалами приводит к повышенной вибрации по сравнению с использованием деревянных шпал, которые интенсивно выходят из строя. Сложность замены рельсошпальной решетки в процессе капитального ремонта при разрядке «кустов» обусловлено финансовыми затратами и потребностью в выдаче «окна».

Одним из перспективных направлений в модернизации железнодорожных шпал является использование композитных материалов, такие как:

- Стеклопластиковая арматура – это композитная арматура из стеклопластика, представляющая собой стержень с усилением из углеродного волокна, которые играют ключевую роль в укреплении и хорошей сцепкой с бетонным раствором. Обладает высокой прочностью на растяжение.

Замена стальной арматуры на стеклопластиковую позволит: устранить коррозию, продлевая срок службы шпал; снизит вес конструкции (%); уменьшит электропроводность.

- Углепластиковая арматура – это неметаллические стержень, выполненный из стеклянных, базальтовых, углеродных волокон и пропитанный термопластичным полимерным связующим. Обладает высокой прочностью и жесткостью.

Использование углепластиковой арматуры в шпалах повысит сопротивление к усталостным нагрузкам, благодаря чему уменьшится риск возникновения трещин; оптимизирует распределение нагрузки.

- Полиуретан – это синтетический материал, обладающий высокоэластичными свойствами и вязкостью. Обладает высокой эластичностью и износостойкостью.

Рассматриваемые композитные материалы по своим свойствам не только не уступают стальной арматуре, но и по некоторым из них превосходят ее (табл. 1).

Применение композитных материалов в железнодорожных шпалах возможно двумя способами:

1. Армирование композитами;
2. Полная замена материала шпалы на композитный материал.

¹ Доронина Маргарита Анатольевна – студент группы СЖД12, ИТСПС

² Баранов Александр Сергеевич – к.т.н., доцент кафедры «Железнодорожный путь и строительство».

Одним из вариантов армирования железобетонных шпал композитными материалами, является способ [2], где в первом варианте предлагается использовать стеклопластиковую арматуру с волнообразной поверхностью в виде кусков полимерной ленты (размерами $30 \div 80$ мм), в заранее расположенной в бетоне (рис. 1).

Таблица 1

Физико-механические характеристики армирующих материалов

Характеристика	Арматура			Полиуретан
	Стальная, класс А400	Стеклопластиковая	Углеродистая	
Плотность кг/м ³	7850	7800	1600	1100–1220
Предел прочности при растяжении (МПа), не менее	360–420	1300	2000–3000	20–35
Модуль упругости при растяжении (ГПа), не менее	200	55	350	312
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	50–60	0,35	1,0	0,025
Коррозионная стойкость	Низкая	Высокая	Высокая	Высокая
Теплопроводность	Высокая	–	–	–
Электропроводность	Высокая	–	–	–
Экологичность	Относится к 4 классу опасности (малоопасное)	Относится к 4 классу опасности (малоопасное)	Относится к 4 классу опасности (малоопасное)	Относится к 4 классу опасности (малоопасное)
Долговечность	30–50 лет	Не менее 80 лет	Не менее 80 лет	От 30 до 80 лет

Высока прочность на разрыв применяемой полимерной ленты обеспечивает требуемую несущую способность конструкции. Волнистая форма поверхности способствует более эффективному сцеплению арматуры с бетоном, а небольшая плотность материала позволяет ему равномерно заполнять весь объем шпалы.

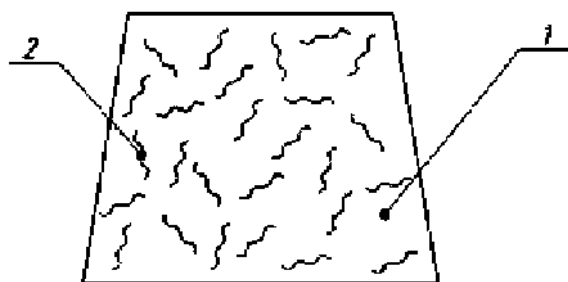


Рис. 1. Поперечное сечение бетонной шпалы с полимерной лентой:
1 – бетонная шпала, 2 – полимерная лента

Во втором варианте (рис. 2) используются стержни диаметром: $2 \div 10$ мм – из стеклопластика, $1 \div 6$ мм – из углеволокна, сохраняя стандартное количество арматуры в шпале. Использование такого рода арматуры исключает электропроводность, уменьшает вес шпалы и ее стоимость.

Еще одним примером, является применение армирующих элементов из волокнистого материала [3], пропитанных полимерной смолой и размещающихся в двух плоскостях поперечного сечения шпалы на расстоянии 10–25 мм от периферийных участков (рис.3). Поверхность армирующих элементов обеспечивает хорошую сцепку с бетонной смесью, где: стек-

лопластиковая арматура – рельефная, представляющая винтообразную нарезку; углепластиковая арматура – шероховатая, что исключает использование концевых анкеров (рис. 4).

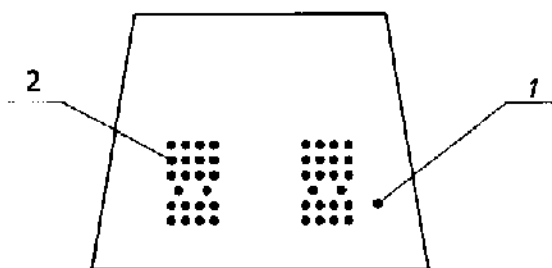


Рис. 2. Поперечное сечение бетонной шпалы с композитной арматурой:
1 – бетонная шпала, 2 – арматура из композитных материалов

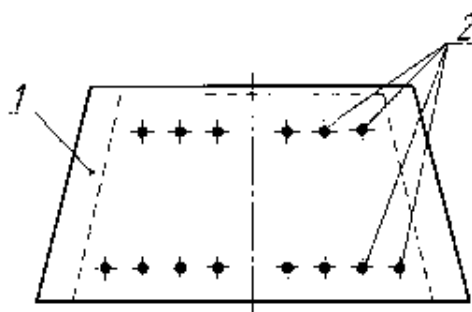


Рис. 3. Схема армирования бетонной шпалы:
1 – поперечное сечение, 2 – армирующие элементы, расположенные в теле шпалы

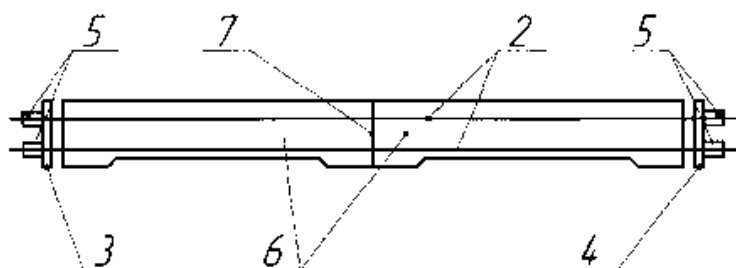


Рис. 4. Устройство технологической оснастки:
2 – армирующие элементы, 3, 4 – неподвижные плиты, 5 – анкера, 6 – форма,
7 – разделительная диафрагма

Применение стеклопластика и базальтопластика в качестве арматуры дает возможность их размещения вблизи кромки шпалы, даже при минимальной толщине защитного слоя бетона, равного 5 мм.

Использование композитных материалов для устранения эксплуатационных недостатков представляет собой перспективное направление. Коррозионная стойкость композитной арматуры значительно превосходит сталь, что увеличивает долговечность шпал, особенно в условиях агрессивной среды. Кроме того, меньший вес КМ облегчает транспортировку и монтаж шпал.

Альтернативный подход к применению композитов в шпалах заключается в полном отказе от бетона в пользу армированных волокном материалов, таких как пенополиуретан или стекловолокно. В этом случае композитный материал выполняет несущую функцию, обеспечивая необходимую прочность и упругость шпалы.

Впервые шпалы из рассматриваемого композитного материала, были изготовлены для Японских железных дорог в 1978 году компанией Sekisui [4]. В отличие от традиционных материалов, таких как железобетон и дерево, пенополиуретановые шпалы (рис. 5) лучше адапти-

рованы к климатическим условиям Японии. Основной целью внедрения КМ шпал являлось: увеличение периодов между техническим обслуживанием стрелочных переводов, мостовых конструкций и других критических участков. К 2011 году общее количество пенополиуретановых шпал, уложенных на Японских железных дорогах, достигло 1,3 миллиона штук [4].

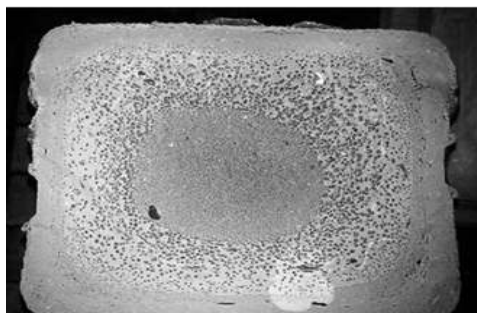


Рис. 5. Шпала композитная в разрезе

Зарубежный опыт применения композитных шпал выявил следующие преимущества: больший срок службы, удлинённый цикл в обслуживании и быстроту в укладке. Спустя 15 лет эксплуатации показатели прочности на сжатие и изгиб у композитных шпал значительно превосходят показатели деревянных шпал.

В 2008 году Мюнхенский технический университет провел серию испытаний, имитирующих осевую нагрузку в 225 кН на шпалы армированного волокном полиуретана, размерами 260×160×2600 мм. Результаты, представленные в таблице 2, демонстрируют, что после продолжительного воздействия нагрузок, положение рельсов остаются с допустимыми значениями.

Таблица 2

Результаты исследования композитных шпал

Смещение головок рельсов	Правый рельс, мм	Левый рельс, мм
Упругое	2,12	1,71
Постоянное	0,42	0,29

Устойчивость к низким температурам шпал японского концерна Sekisui и железобетонных была протестирована в Университете Тампере при экспериментальном морозе в -40°C [5]. Для создания необходимых условий использовались холодильные установки, функционирующие на базе стандартного компрессора и достигающие температуры -70°C , а также сухой лед с температурой -78°C . Охлаждение шпал длилось примерно 24 часа, до достижения равномерной температуры по всей структуре. После этого к центральной части шпал, установленных на опорах на расстоянии 1600 мм друг от друга, прикладывали нагрузку (рис. 6).



Рис. 6. Способ тестирования композитных шпал

Испытания продемонстрировали следующее: шпалы из композитных материалов выдержали нагрузку и показали значительную прочность в отличие от традиционных шпал. При низких температурах композитная шпала стала более жесткой, но сохранила свою гиб-

кость. При испытании на изгиб с моментом нагрузки 100 кН·м также не было выявлено повреждений и дефектов.

Таким образом, результаты исследования показывают, что в созданных экспериментальных условиях, композитные шпалы компании Sekisui по многим прочностным показателям превосходят традиционные шпалы.

Полезная модель композитной шпалы из полимерного материала, сделанная в виде трапециевидальной формы с металлической арматурой [6]. Отличием от вышеописанных шпал является наличие ячеистой сотовой поверхности по всей опорной поверхности сцепления с балластным покрытием.

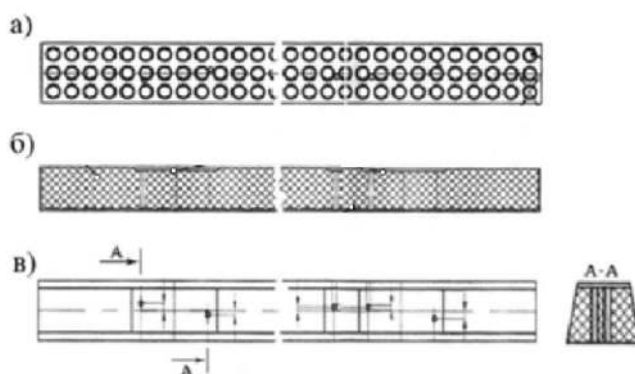


Рис. 7. Модель композитной шпалы
а – вид снизу, б – вид спереди (в разрезе), в – вид сверху

Другим вариантом шпалы из композитных материалов [7], позволяет применять различные типы креплений. Средняя часть предлагаемой шпалы выполнена в виде тавровой формы, где вертикальное ребро – конически уширено, увеличивая жесткость элемента (рис. 8)

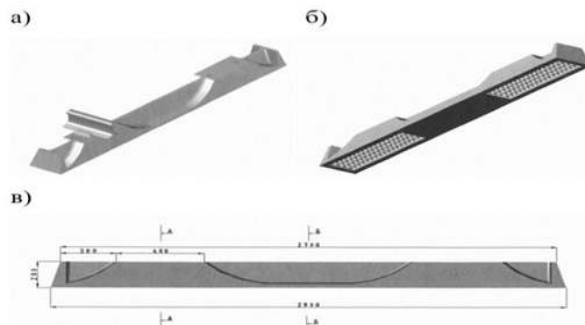


Рис. 8. Композитная шпала переменного сечения:
а – вид сверху, б – вид снизу, в – геометрические характеристики

Основные задачи рассматриваемого варианта заключаются: в уменьшенной массе по сравнению с другими аналогами, в повышенной устойчивости против сдвигов (перечных и продольных). Достигается этот результат за счет измененного сечения и пластичности материалов, удовлетворяя эксплуатационные требования (характеристики) железных дорог с осевой нагрузкой равной 21 тонна на ось. Полости, заполненные балластом, увеличивают прочностные характеристики элемента (таблица 3), предотвращая препятствие изгиба шпал из-за щебня.

Таблица 3

Сопоставление весовых параметров шпал

Масса шпалы, кг		
Железобетонная, типа III I	Деревянная, типа А	Композитная, ($\rho=0,85 \text{ г/см}^3$)
270	90	85

Таким образом, предлагаемый вариант шпалы: повысит скорость укладки; сократит эксплуатационные расходы на всем сроке службы; не является диэлектриком, исключая монтажа

электроизолирующих элементов; сохраняет физико–механические характеристики при +50°C и –70°C; позволит снизить шум и уменьшить вибрацию от колесных пар (подвижного состава).

11 сентября 2013 года Министерством транспорта РФ была разработана «Программа внедрения композитных материалов, конструкций и изделий из них в области транспорта». Впервые укладка отечественных композитных шпал на путь произвели в 2019 году на наземном перегоне Бутовской линии Московского метро (от «Улицы Скобелевская» до «Улицы Горчакова») [8].

Выводы. Применение шпал из полимерных материалов и шпал с композитной арматурой на данный момент сдерживается по нескольким причинам:

- производство полимерных и композитных шпал требует значительных финансовых вложений. Несмотря на то, что такие материалы могут предлагать преимущества в долговечности, высокой прочности и уменьшению собственного веса, начальные затраты часто превышают бюджетные возможности государственных или частных компаний железнодорожного транспорта;

- несмотря на преимущества, такие как устойчивость к коррозии и воздействию химических веществ, полимерные материалы и композитная арматура недостаточно испытаны в условиях реальной эксплуатации. Для железнодорожных шпал особенно важны такие характеристики, как прочность на сжатие и изгиб, что требует длительных и дорогостоящих испытаний;

- для внедрения новых технологий в транспортную инфраструктуру необходима разработка новых нормативно-технических документов. В настоящее время для шпал из полимерных материалов и композитов отсутствуют стандарты и технические условия, что затрудняет их сертификацию и согласование с действующими нормативами;

Железнодорожная отрасль традиционно консервативна и склонна к использованию проверенных материалов и технологий. Переход на новые материалы требует изменений в подходах к системе проектирования, способам строительства и обслуживания, что может вызвать сопротивление со стороны компаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ашпиз Е.С., Гасанов А. И., Глюзберг Б.Э. Железнодорожный путь: учебник. М., 2013. 544 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/35749>
- 2 Шпала из бетона для железных дорог (варианты) // Патент России №2540035. 2015. Бюл. №3. / Алексеев С. В., Кравченко Ю. М., Скутин А. И. [и др.]
- 3 Армобетонная шпала с композитными армирующими элементами // Патент России №147067. 2014. / Николаев В. Н., Антипов А. Д. [и др.] https://yandex.ru/patents/doc/RU147067U1_20141027
- 4 Шпалы из искусственной древесины на железных дорогах Европы // Железные дороги мира. 2011. Вып. 3. С 72–74
- 5 Луомала Х., Рантала Т., Моисеенко А. С., Свойства композитных шпал: финский опыт исследования // Путь и путевое хозяйство. 2020. № 9. С. 37.
- 6 Шпала композитная [Электронный ресурс] /URL: [https://patents.google.com/patent/RU132452U1/ru?q=\(композитная+шпала\)&oq=композитная+шпала](https://patents.google.com/patent/RU132452U1/ru?q=(композитная+шпала)&oq=композитная+шпала)
- 7 Композитная шпала переменного сечения // Патент России №188927. 2019. Бюл. №13. / Лавриненко Д. С., Дрешинский В. А., Кибкало А. В. [и др.]
- 8 Композитные шпалы [Электронный ресурс] /URL: <https://vgudok.com/lenta/kompozitnye-shpaly-dlya-rzhd-vyzyvayut-voprosy-specialistov-ispolzovanie-plastika-dlya>
- 9 Ершова, Д. С. Перспективы применения полимерных шпал в железнодорожном строительстве / Д. С. Ершова, А. А. Лычковский // Молодой ученый. 2019. № 13 (251). С. 73–75. URL: <https://moluch.ru/archive/251/57687/> (дата обращения: 30.03.2025).
- 10 Хвостик М. Ю. Шпалы композитные как альтернатива деревянным // Вестник ВНИИЖТ. 2016. Т 75. №3. С. 179–182.
- 11 Характеристики и свойства полиуретана [Электронный ресурс]. URL: <https://vtulkaby.ru/xarakteristika-i-svoystva-poliuretana/>
- 12 Углепластиковая арматура [Электронный ресурс]. URL: <https://nano-sk.ru/product/ugleplastikovaya-armatura-8-mm/>

ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БОЛТО-СВАРНОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО БАЛОЧНОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ

И. С. Филиппов¹, Б. Г. Иванов²

Введение. На сети железных дорог Российской Федерации эксплуатируется около 5000 металлических болто-сварных пролетных строений. По состоянию на 2020 год, количество пролетных строений с усталостными трещина составляло примерно 32 %. Наибольшее количество пролетных строений, имеющих трещины, изготовлены по следующим типовым проектам: инв. № 821, № 821к института Ленгипротрансмост; инв. № 689, № 690 института Гипротрансмост, инв. № 739 института Гипротрансмост; инв. № 1293 и № 1293к института Гипротрансмост.

Статистика. Наибольшее распространение получили усталостные трещины, начинающиеся у верхнего и нижнего концов шва прикрепления вертикальных ребер жесткости к стенкам и развивающиеся в металле стенки (тип Т–9, Т–10). Такие трещины, могут снижать несущую способность балки и являются инициатором хрупкого разрушения конструкции. Количество пролетных строений с усталостными трещина постоянно растет, что говорит о необходимости принятия мер по торможению их увеличения. С целью нахождения новых методов и средств для решения приведенных задач, необходимо применение математического моделирования конструкций в различных программно-расчетных комплексах.

В ходе проведения исследования на выявление наиболее неблагоприятных условий действия внешней динамической нагрузки, связанной, в первую очередь, с движением подвижного состава по пролетному строению металлического моста, и разработки методов и средств по уменьшению их воздействий на конструкцию, предстоит провести ряд динамических расчетов.

Типы динамического анализа. Основными типами расчета, направленными на определение работы конструкции, под действием изменяющейся во времени нагрузки, являются подтипы динамического анализа, включающие модальный, гармонический анализ, анализ случайных колебаний и т.д.

Модальный анализ предназначен для нахождения собственных форм и частот колебаний конструкции, что необходимо на начальных стадиях расчетов, перед нагружением модели динамической нагрузкой. Интерес представляют первые частоты собственных колебаний конструкции. При колебаниях на таких частотах в элементах системы возникают наибольшие деформации и изменения силовых факторов. При потенциальном совпадении одной из частот внешнего периодически изменяющегося воздействия с собственной частотой конструкции, возникает резонанс, приводящий к кратному увеличению вышеописанных факторов. Это может привести к разрушению сооружения.

Динамическая нагрузка от подвижного состава, передаваемая на пролетные строения мостов, имеет сложную конфигурацию, а результат ее воздействия на конструкцию выражается в различных зависимостях (в виде акселерограммы, скорости вертикальных колебаний, графика перемещений в различных направлениях, зависимости изменений напряжений в исследуемых элементах и т.д.). Так, например, на рисунке 1, представлен график вертикальных перемещений середины металлического балочного пролетного строения железнодорожного моста длиной 27 м при проходе 10 вагонного пассажирского поезда со скоростью 98 км/ч. Сложные колебания, такие как динамические нагрузки, образуются путем наложения друг на друга простых, изменяющихся по гармоническому закону функций с отличными частотами и амплитудами. Для разложения сложных функций на простые синусоиды применяется преобразование Фурье (рисунок 2). Каждая получившаяся синусоида имеет свою частоту и амплитуду.

¹ Филиппов Иван Сергеевич – аспирант кафедры «ЖДПС», институт ТСПС

² Иванов Борис Георгиевич – д.т.н., доцент кафедры «ЖДПС»

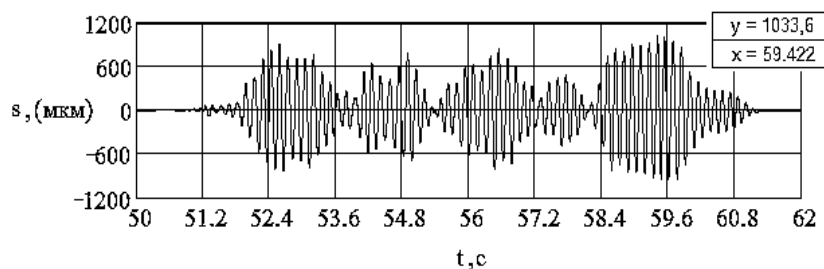


Рис. 1. График вертикальных перемещений середины металлического балочного пролетного строения железнодорожного моста длиной 27 м при проходе 10 вагонного пассажирского поезда со скоростью 98 км/ч

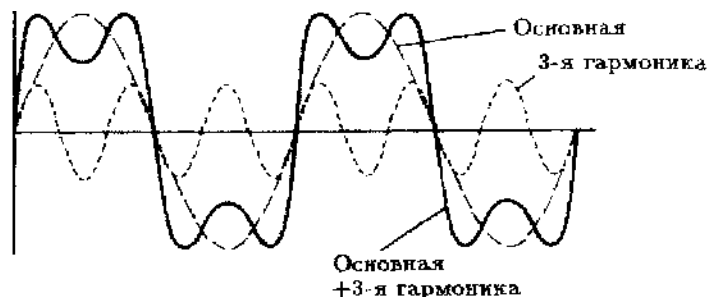


Рис. 2. Пример разложения сложного графика на простые гармонические колебания

Гармонический анализ. Гармонический анализ – метод расчета, используемый для определения отклика конструкции при постоянной, гармонической (синусоидальной) нагрузке. Основным результатом такого расчета является амплитудно-частотная характеристика (АХЧ).

В качестве входных данных для проведения гармонического анализа используются граничные условия (условия закрепления) конструкции и гармоническая нагрузка, характеризующаяся модулем, частотой воздействия и фазой колебания. Полученные путем разложения сложной внешней динамической нагрузки на отдельные воздействия в виде простых синусоид, являются исходными данными для такого типа задач.

Частота изменения нагрузки задается как дискретная величина в пределах определенного интервала и с определенным шагом. Решаемых задач будет несколько. Одним из методов решения задачи является метод суперпозиции мод, который требует предварительного модального анализа. Основным требованием, предъявляемым к заданию исходных данных для проведения гармонического анализа, является равенство частот одновременно действующих динамических нагрузок, приложенных к исследуемому телу, при этом, фазы и абсолютные их величины могут отличаться.

Результатом проведения гармонического анализа являются гармонический отклик конструкции по каждой частоте, например, в виде деформаций и напряжений в элементах, минимальный и максимальный отклик по всему частотному диапазону в виде амплитудно-частотных характеристик (рисунок 3), фазово-частотных характеристик (рисунок 4). Так же возможно построение различных контурных графиков напряжений и деформаций при различных сочетаниях частоты и фазы.

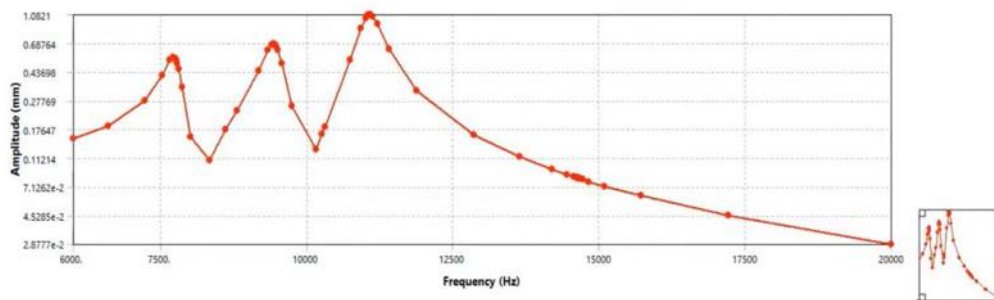


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика (пример)

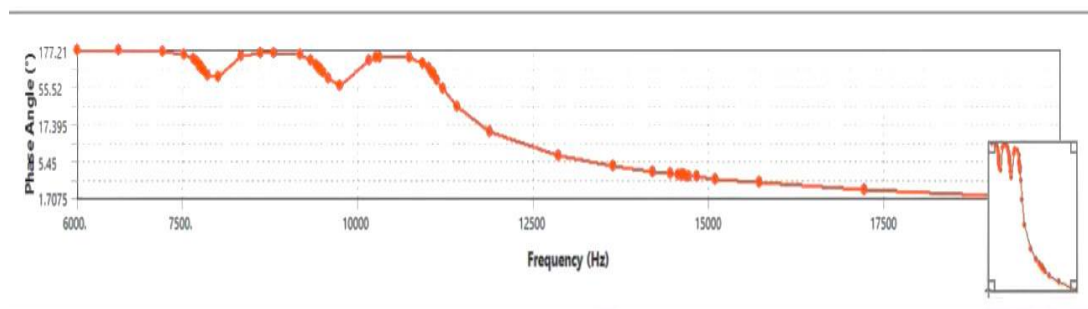


Рис. 4. Фазово-частотная характеристика (пример)

Заключение. Выполнение гармонического анализа болто-сварного металлического балочного пролетного строения позволяет выявлять частоты вынужденных колебаний, приводящих к возникновению резонанса в конструкции, определять зависимости и максимальные амплитуды перемещений и напряжений в элементах всей системы для каждой отдельной частоты внешней динамической нагрузки с фиксированной абсолютной величиной, что является крайне полезным инструментом в целях проведения исследования при разработке методов и средств для снижения динамического воздействия извне, передаваемого на пролетное строение

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Жунев, К. О. Исследование усталостной долговечности сварных соединений железнодорожных пролетных строений / К. О. Жунев, Ю. Н. Мурованный, А. Н. Яшнов // Транспортные сооружения. 2020. Т. 7, № 2. С. 4. DOI 10.15862/06SATS220. EDN JUAXYP.
- 2 Колебания и волны: учеб.–метод. пособие [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые и граф. данные (16 Мб) / А. Г. Москаленко, Е. П. Татьяна, И. М. Трегубов, Т. Л. Тураева – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2018.
- 3 Леонтьев Н.В. Применение системы ANSYS к решению задач модального и гармонического анализа. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Информационные системы в математике и механике». Нижний Новгород, 2006, 101 с.
- 4 Интегральные преобразования : учеб. пособие / Л. Д. Романова, Т. А. Шаркунова, Т. В. Елисеева. Пенза : Изд-во ПГУ, 2015. 80 с.
- 5 Крючкова И.В. Ряды и преобразования Фурье: методические указания/И.В. Крючкова; Оренбургский го. ун-т – Оренбург: ОГУ, 2011. 59 с.

СЕКЦИЯ 4

Автоматизация, информатизация, телекоммуникации и энергосбережение на железнодорожном транспорте

СРАВНЕНИЕ ПОДХОДОВ К ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СИСТЕМАХ

Д. А. Грачев¹, И. С. Бредун²

Введение. Значительное воздействие на эффективность и надежность функционирования устройств оказывает наличие развитой информационной инфраструктуры, которая обеспечивает возможность своевременного проведения мероприятий, направленных на поддержание систем в работоспособном состоянии. В условиях непрерывной эксплуатации систем для минимизации частоты возникновения отказов требуется не только осуществлять постоянный мониторинг параметров компонентов схем, но и проводить качественную оценку потенциальных рисков, связанных с возможными отказами.

Предиктивная аналитика (Predictive Analytics, PA) позволяет прогнозировать такие события, минимизируя простои и затраты.

Цель работы – провести сравнительный анализ методов PA, адаптированных к специфике железных дорог, и оценить их экономическую эффективность.

Задачи:

1. Анализ существующих методов предиктивной аналитики, применяемых в железнодорожной отрасли
2. Определить специфичные условия железнодорожного транспорта как объекта анализа.
3. Определить методы предиктивной аналитики, адаптация и оценка их экономической эффективности.

Основная часть

Среди методов PA выделяются машинное обучение (ML), анализ временных рядов, Survival Analysis и гибридные подходы. Регрессионные модели ML, такие как линейная регрессия, просты в интерпретации, но недостаточно точны для нелинейных зависимостей. Нейронные сети (LSTM, CNN) обеспечивают высокую точность при анализе временных рядов и изображений дефектов, однако требуют значительных вычислительных ресурсов [1]. Методы ARIMA и Prophet эффективны для прогнозирования нагрузки, но игнорируют внешние факторы, такие как погода. Survival Analysis, в частности модель Кокса, позволяет оценивать вероятность отказов с учетом времени эксплуатации. Наиболее перспективны гибридные модели, например, цифровые двойники, сочетающие ML и физические симуляции, хотя их внедрение связано с высокими затратами.

Экономическая эффективность методов PA варьируется [2]. ARIMA, обладая средней точностью, отличается низкими затратами и коротким сроком окупаемости (6–12 месяцев). LSTM и гибридные модели обеспечивают высокую точность, но требуют значительных инвестиций и окупаются за 1.5–4 года. Survival Analysis занимает промежуточное положение по затратам и срокам. Примеры внедрения подтверждают преимущества PA: Deutsche Bahn (Германия) снизила затраты на ремонт на 30 % за счет комбинации ARIMA, LSTM и Survival Analysis; SNCF

¹ Грачев Д. А. – студент гр. СОДП-33, ЭТФ

² Бредун Илья Сергеевич – преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

(Франция) достигла 82 % точности прогноза деградации балласта с использованием модели Кокса [3]; РЖД (Россия) сократила простои на 20 % благодаря цифровым двойникам.

Для выбора метода РА ключевыми являются задачи и бюджет. Локальные задачи, такие как прогноз пассажиропотока или планирование ремонтов, решаются с помощью ARIMA или регрессионных моделей. Для критически важных систем (прогноз отказов, обнаружение дефектов) предпочтительны LSTM или гибридные подходы [4, 5]. При ограниченном бюджете эффективно применение Survival Analysis с использованием открытых ML-библиотек.

Заключение. Предиктивная аналитика на железнодорожном транспорте позволяет перейти от реактивного к проактивному управлению ресурсами. Наиболее эффективными методами являются гибридные модели и нейронные сети, несмотря на их высокую стоимость. Для массового внедрения ключевым фактором станет развитие edge-вычислений и снижение стоимости датчиков. Экономическая эффективность РА напрямую зависит от масштаба внедрения и качества данных, что требует инвестиций в цифровую инфраструктуру.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Шарова, В. О. Применение LSTM-моделей в задачах моделирования и прогнозирования геометрии рельсовой колеи / В. О. Шарова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2024. № 2 (82). С. 89–97. DOI 10.26731/1813–9108.2024.2 (82).89–97.
- 2 Стандарт СТО РЖД 08.005–2011 «Инновационная деятельность в ОАО «РЖД». Порядок оценки эффективности инновационных проектов».
- 3 Колос, А. Ф. Засорение и загрязнение щебеночного балласта при эксплуатации железнодорожного пути / А. Ф. Колос // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2022. Т. 19, № 3. С. 558–575. DOI 10.20295/1815–588X–2022–3–558–575.
- 4 Надежкина, С. А. Использование предиктивной аналитики при диагностике и мониторинге устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / С. А. Надежкина, И. С. Бредун, В. А. Надежкин // Транспортное дело России. 2024. № 7. С. 184–186.
- 5 Предсказание остановок оборудования с использованием LSTM и Байесовского подхода <https://github.com/YaninaK/predictive-maintenance> (дата обращения 13.03.2025).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕМЕЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦИФРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ СТАНДАРТА TETRA

Р. Р. Диязитдинов¹, В. П. Пискарьова²

Введение. Возрастающий интерес к совершенствованию цифровых видов радиосвязи со стороны ОАО «РЖД» связан с развитием процесса автоматизации управления на объектах железнодорожной инфраструктуры. Цифровые системы радиосвязи возможно интегрировать в существующие системы управления и мониторинга на железной дороге, позволяя эффективно координировать диспетчерскую работу и перевозочный процесс. В целях интеграции технологических систем РЖД хорошо подходит система TETRA с многоуровневой системой помехозащиты, объединяющей сверточное и блочное кодирование с двухуровневым перемежением, перспектива широкого внедрения этого стандарта радиосвязи ведет к необходимости его всестороннего исследования. Знание принципов помехоустойчивого кодирования и умение исследовать влияние методов защиты на качество связи – ключевая компетенция для будущих инженеров путей сообщения. Разработка специализированных макетов для исследования этого вопроса является трудоемкой и экономически затратной задачей, также стоит отметить, что система передачи данных с точки зрения проектирования является логической схемой, по этим причинам разработка имитационной модели для исследования влияния перемежения на качество передачи в TETRA является актуальной задачей.

¹ Диязитдинов Ринат Радмирович – к.т.н., доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

² Пискарьова Валерия Павловна – студент группы СОДП-03, факультет ЭТФ

Цель работы – исследование системы связи с блоком демодулятора и помехоустойчивым кодером и без них на качество передачи по стандарту TETRA на имитационной модели радиоканала с измерением вероятности ошибки и зависимости сигнал\шум.

Задачи:

1. Реализовать имитационную модель системы передачи по стандарту TETRA в однолучевом радиоканале.
2. Оценить вероятность ошибки при использовании перемежения.

Основная часть.

Система передачи данных с точки зрения проектирования является по большей степени логической схемой обработки сигнала, а на втором плане набором физических устройств, поэтому исследование её целесообразно проводить с использованием программного обеспечения, а не на макете. Программирование реализуется на языке Octave. Он предоставляет удобный консольный интерфейс для решения линейных и нелинейных задач, а также для проведения других численных экспериментов. В рамках исследования разработана комплексная модель канала связи стандарта TETRA с перемежителем (см. рис. 1), позволяющая изучать характеристики системы в различных условиях [1].

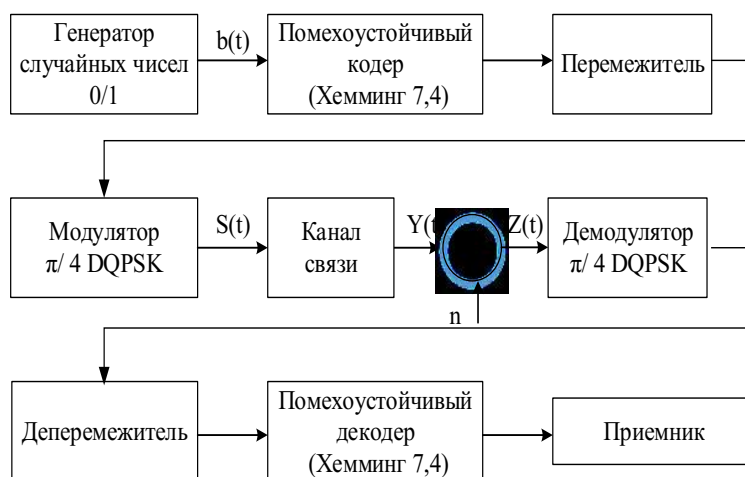


Рис. 1. Схема моделирования радиоканала системы TETRA

На рис. 1 представлен модулятор $\pi/4$ -DQPSK, который является одной из особенностей стандарта TETRA. Так как модуляция $\pi/4$ -DQPSK определяет как запрещенные, так и разрешенные переходы, что означает наличие корреляционных связей между соседними битами, то использование перемежителя даже при независимых отсчетах шума должно приводить к уменьшению вероятности ошибок при передаче по каналу связи [2].

Для проведения имитационного моделирования были использованы следующие исходные данные:

1. Модуляция – $\pi/4$ -DQPSK.
2. Количество передаваемых бит – 10^6 .
3. Отношение сигнал/шум $h^2 = [0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 20; 50; 100]$.
4. Схемы систем передачи, которые рассматриваем для следующих случаев:
 - без перемежителя с независимой оценкой фазы для каждого сигнала;
 - без перемежителя с проверкой всех возможных сочетаний;
 - с перемежителем с независимой оценкой фазы для каждого сигнала;
 - с перемежителем с независимой оценкой фазы для каждого сигнала.

По результатам моделирования были построены графики зависимости вероятности ошибок от отношения сигнал/шум (см. рис. 2).

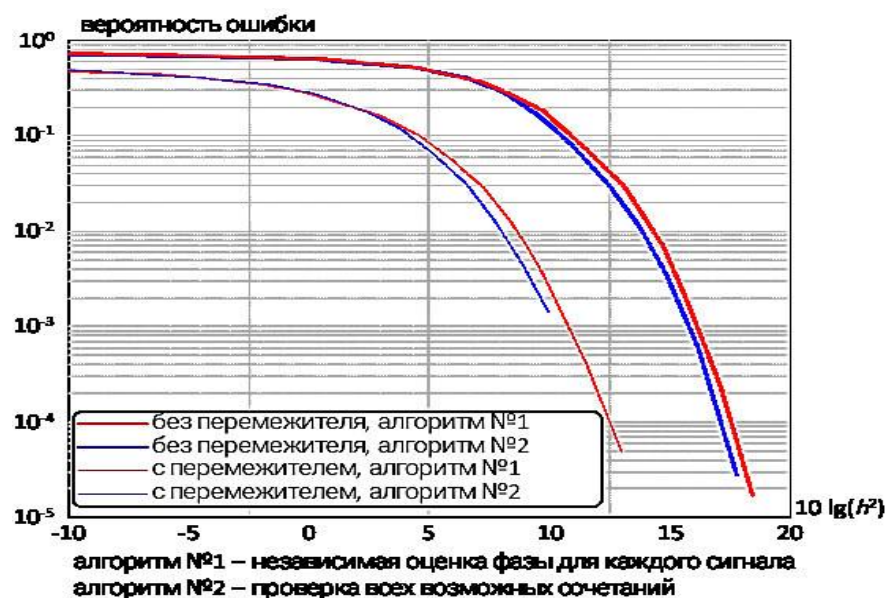


Рис. 2. Зависимость вероятности ошибок от отношения сигнал/шум системы TETRA

Исходя из полученных зависимостей можно сделать следующие выводы:

1. Использование перемежителя резко увеличивает качество передачи данных.
2. Наличие в схеме обработки помехоустойчивого кодера обеспечивает практически одинаковые характеристики для двух алгоритмов модулирования: «с независимой оценкой фазы для каждого сигнала» и «с проверкой всех возможных сочетаний».
3. Наименьшую вероятность ошибки обеспечивает схема с перемежителем с независимой оценкой фазы для каждого сигнала.

Заключение.

В результате исследования:

1. Реализована имитационная модель системы передачи по стандарту TETRA в однолучевом радиоканале.
2. Получены характеристики зависимости вероятности ошибки при использовании перемежения для различных алгоритмов демодуляции.

На следующем этапе работы необходимо рассмотреть возможности применения блоков перемежения в многолучевых радиоканалах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лекции «Передающие и приемные устройства железнодорожной радиосвязи» [Электронный ресурс] // Петербургский государственный университет путей сообщения им. императора Александра I <https://studfile.net/preview/16673727/>. (дата обращения: 20.03.2025).
- 2 Карташевский, В. Г. Помехоустойчивость приема сигналов ФМ-4 в канале с памятью / В. Г. Карташевский // Радиотехника. 2012. № 9. С. 103–111.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ДАННЫХ В СЕТЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

В. Е. Стаценко¹, С. А. Надежкина²

Введение. Определяющим элементом прогресса в сфере сетевых технологий является непрерывный процесс совершенствования инфотелекоммуникационных сетей и вычислительных контрольных устройств. Именно эти факторы обуславливают необходимость модернизации методов передачи содержательных данных на протяженные расстояния посредством кодирования и мультиплексирования диагностической информации, хранящей в себе данные о текущем состоянии контрольных оконечных точек, в роли которых, в свою очередь, выступают напольные устройства железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) [1].

Технология, обеспечивающая своевременную и стабильную доставку необходимой содержательной диагностической информации из одной точки в другую путем разбивки данных на небольшие пакеты, которые направляются по различным заранее определенным путям, называется пакетная коммутация [2]. Определение наиболее оптимального маршрута транспортировки диагностической информации и оперативной доставки данных является главной целью маршрутизации трафика. Маршрутизация трафика позволяет передавать объем содержательных данных о состоянии компонент железнодорожной инфраструктуры с различной скоростью, в виде последовательной передачи пакетов по сети, распределяющей данные с применением динамического распределения и статического мультиплексирования.

Причиной возникновения периодических задержек при передаче содержательных данных о контрольном состоянии диагностируемого напольного объекта через такие сетевые устройства, как маршрутизаторы и коммутаторы, является значительная нагрузка трафика в канале транспортировки данных и ограниченная пропускная способность сети.

Цель работы – исследовать особенности транспортировки данных в сетях железнодорожной автоматики и телемеханики и обосновать возможность интеграции технологии пакетной коммутации с системой волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) для расширения пропускной способности и своевременной отправки данных.

Задачи:

1. Выявить основные задачи передачи содержательных данных в сетях пакетной коммутации;
2. Оценить преимущества интеграции технологии пакетной коммутации с системой ВОЛС.

Основная часть.

Рассмотрим примеры локальных задач передачи содержательных данных о текущем состоянии напольной оконечной точки:

- «распознавание совокупности данных и передача информации между интерфейсами соответствующего устройства;
- определение потоков информации и выделение оптимальных маршрутных путей;
- фиксирование маршрута в показателях конфигурации и таблиц соответствующих эксплуатируемых устройств;
- мультиплексирование и демultipлексирование сетевых потоков» [3–5].

Метод коммутации соответствующих каналов передачи диагностической информации направлен на уменьшение случайных происшествий в сети и, соответственно, в перевозочном процессе в целом [6]. По этой причине обмен информацией формируется до начала процесса передачи диагностических данных, происходит проверка доступности соответствующих каналов от отправителя до получателя по заданному адресу [7–8].

¹ Стаценко Виктория Евгеньевна – студент группы СОДП-03, факультет ЭТФ

² Надежкина Снежана Андреевна – преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

Наличие существенных преимуществ использования технологии пакетной коммутации для систем ЖАТ и проведение непрерывного мониторинга оконечных устройств для своевременного выявления неисправностей недостаточно в современных условиях вследствие непрерывного развития систем мониторинга и существенного увеличения пропускной способности эксплуатационного канала передачи диагностической информации. Именно поэтому необходим подход, позволяющий решить актуальную проблему увеличения пропускной способности диагностического канала данных.

В этом случае большим преимуществом обладает система волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Организация волоконно-оптических линий связи для передачи информации о состоянии компонент железнодорожной инфраструктуры и интеграция этой системы с технологией пакетной коммутации позволит в значительной степени расширить возможности транспортировки содержательных данных.

Так, оптические волокна (ОВ) – это технология передачи информационных сообщений на значительные расстояния, основанная на использовании световых сигналов [9]. Эти сигналы, преобразованные в оптические импульсы, доставляют информацию на оконечные пункты, например, станции, диспетчерские пункты и структурные подразделения железной дороги. Оптические волокна обладают рядом преимуществ в сравнении с традиционными методами передачи данных, такими как медные провода. Структура ОВ представлена на рис. 1.

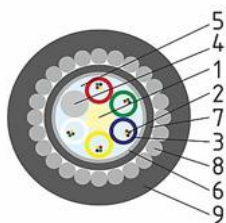


Рис. 1. Структура оптического волокна:

- 1 – центральный силовой элемент; 2 – оптические волокна; 3 – модуль оптический; 4 – кордель;
- 5 – гидрофобный наполнитель; 6 – скрепляющая обмотка; 7 – промежуточная оболочка;
- 8 – стальные оцинкованные проволоки; 9 – оболочка ОВ

Первое преимущество ОВ заключается в обеспечении одновременной и своевременной транспортировки информационных пакетов данных на большие расстояния, что позволяет обрабатывать множество запросов и устанавливать организованную передачу пакетированных данных без особых задержек и потерь. Это особенно важно для железнодорожной сети, где требуется быстрая передача содержательных данных для обеспечения безопасности и оперативности работы перевозочного процесса.

Второе преимущество ОВ при отправке и приеме контрольной информации в железнодорожной сети – это сравнительно высокий показатель скорости транспортировки информационных сообщений. Использование световых сигналов позволяет передавать данные со скоростью, достигающей нескольких терабит в секунду, что является важным показателем при отправке большого объема диагностической информации по коммуникационным системам, включающим в себя, в свою очередь, видеонаблюдение и мониторинг состояния инфраструктуры железнодорожной отрасли.

Третье преимущество ОВ состоит в непосредственной устойчивости к внешним дестабилизирующим воздействиям. ОВ не подвержены неблагоприятному влиянию электромагнитных помех, наложению волн, возникновению вибраций, колебаниям температур и прочих факторов, которые могут возникнуть в телекоммуникационной среде.

В качестве дополнения к вышеизложенному, оптические сигналы можно выбирать для передачи конфиденциальной информации, такой как данные систем безопасности и системы управления железнодорожной сетью, ведь их трудно перехватить или повредить.

Заключение

В результате исследования:

1. Проведен анализ задач передачи содержательных данных о текущем состоянии напольного объекта;
2. Оценены преимущества интеграции технологии пакетной коммутации и системы ВОЛС.

На следующем этапе работы необходимо разработать архитектуру сети планируемой системы своевременной транспортировки диагностической информации о контрольном состоянии эксплуатируемого элемента железнодорожной инфраструктуры, а также составить программу в эмуляторе сети, позволяющую существенно расширить показатели пропускной способности используемого канала передачи данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Васин, Н. Н. Перспективы развития технологий передачи данных на сети железных дорог России / Н. Н. Васин, А. Е. Тарасова // V Научный форум телекоммуникации: теория и технологии ТТТ–2021 : Материалы XXIII Международной научно-технической конференции, Самара, 23–26 ноября 2021 года. Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2021. С. 199–200.
- 2 Васин, Н.Н. Технологии пакетной коммутации: Учебник. Санкт-Петербург.: Лань, 2019. 284 с.
- 3 Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб: Издательство «Питер», 2011. 944 с.
- 4 Тарасов, Е.М. Мост в профессиональное будущее: развитие необходимых компетенций обучающихся железнодорожного вуза за счет работы в программных эмуляторах сети / Е. М. Тарасов, А. Л. Золкин, В. А. Надежкин, С. А. Надежкина // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 11. С. 292–299. EDN KOHNNS.
- 5 Гапанович, В. А. Основные направления развития интеллектуального железнодорожного транспорта / В. А. Гапанович, И. Н. Розенберг // Железнодорожный транспорт. 2011. № 4. С. 5–11. EDN NUPDXP.
- 6 Нейман В.И. Новое поколение систем коммутации // Электросвязь. №1. 2001. С. 32–34.
- 7 Nadezhkin V.A. Telecommunication Technologies in Railway Transport in Modern Realities / V. A. Nadezhkin, S. A. Sarycheva, A. L. Zolkin [et al.] // II International scientific and practical conference «Technologies, Materials Science and Engineering» (EEA–II–2023), Dushanbe, 05–07 апреля 2023 года. Vol. 2999. Melville: AIP PUBLISHING, 2023. P. 20005. DOI 10.1063/5.0158760. EDN NJTFUZ.
- 8 Васин, Н.Н. Основы сетевых технологий на базе коммутаторов и маршрутизаторов / Н.Н. Васин. Москва: Машиностроение, 2017. 272 с.
- 9 Ефанов, В.И. Проектирование, строительство и эксплуатация ВОЛС: Учебное пособие. Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012 – 102 с.

АНАЛИЗ ПРЕДОТКАЗНЫХ СОСТОЯНИЙ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ЖАТ

Е. М. Тарасов¹, А. Р. Мусин²

Введение. Современные системы железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) играют ключевую роль в обеспечении безопасности, надежности и эффективности перевозочного процесса. Однако рост интенсивности движения, физический износ оборудования и устаревшие методы технического обслуживания приводят к увеличению количества отказов, что негативно сказывается на пропускной способности инфраструктуры и экономических показателях работы железных дорог.

Традиционная система планово-предупредительных ремонтов (ППР), основанная на регламентных сроках обслуживания, не учитывает реальное состояние оборудования. Это приводит к неоправданным затратам на избыточные ремонты или, напротив, к запоздалому реагированию на критические неисправности. В связи с этим особую актуальность приобретает

¹ Тарасов Евлений Михайлович – д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

² Мусин А. Р. – студент гр. СОДП-01, ЭТФ

внедрение интеллектуальных систем технического диагностирования и мониторинга (ТДМ), способных прогнозировать отказы на основе анализа данных в режиме реального времени.

Цель работы: рассмотреть влияние систем технического диагностирования и мониторинга (ТДМ) на восстанавливаемость устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ). Исследовать системные недостатки современных технологий диагностики, приводящие к росту эксплуатационных расходов и рискам для безопасности перевозочного процесса. Обосновать необходимость модернизации СТДМ ЖАТ на основе предиктивной аналитики для перехода от планово-предупредительных ремонтов (ППР) к интеллектуальным методам управления техническим состоянием оборудования.

Задачи: В современных условиях на железнодорожном транспорте осуществляется внедрение перспективных систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ), созданных на основе современной микропроцессорной элементной базы. К числу таких систем относится автоматизированная система диспетчерского контроля (АПК–ДК).

В функционал комплекса АПК–ДК входит не только реализация стандартных задач систем диспетчерского контроля, таких как предоставление оперативной и достоверной информации о дислокации подвижного состава на контролируемом участке [1]. Внедрение СТДМ ЖАТ осуществляется в контексте формирования интегрированной автоматизированной системы управления хозяйством сигнализации, связи и вычислительной техники, где АПК–ДК выполняет роль ключевого технологического компонента. Его назначение заключается в обеспечении всестороннего и объективного мониторинга состояния устройств автоматики и телемеханики в пределах зоны ответственности [2].

Автоматизированная система АПК–ДК осуществляет мониторинг и техническую диагностику устройств СЖАТ как на перегонных, так и на станционных участках. Функциональные возможности системы включают:

сбор и систематизацию статистических данных о работе оборудования, выявление признаков предотказных состояний, анализ факторов, приводящих к снижению качества функционирования, автоматизированную идентификацию неисправностей устройств СЦБ.

Реализация указанных функций создает технологическую основу для перехода на прогнозную систему технического обслуживания СЖАТ, основанную на непрерывной диагностике оборудования, прогнозировании его состояния, учете фактического ресурса эксплуатации приборов. После чего получаемая диагностическая информация в автоматизированном режиме передается дежурному электромеханику, диспетчеру СЦБ–дистанции, техническим специалистам, ответственным за анализ статистики отказов, другим уполномоченным пользователям корпоративной сети различных уровней (от дистанционного до дорожного управления) [3].

Современное состояние технического оснащения на значительной части железнодорожных участков Российской Федерации характеризуется высоким уровнем физического износа. Эксплуатационная практика вынуждает осуществлять планово-предупредительные ремонтные работы (ППР) в условиях временного дефицита, что неизбежно приводит к снижению качества выполняемых работ. В существующих условиях эксплуатации обеспечение надежной и безопасной работы технических средств невозможно без реализации современных систем постоянного контроля технического состояния и диагностики оборудования.

Основная часть. Основной функциональной задачей систем мониторинга является комплексный анализ текущего состояния технических устройств с последующим оповещением обслуживающего персонала о необходимости проведения профилактических ремонтных мероприятий, что позволяет предотвратить возникновение аварийных ситуаций [4]. Внедрение подобных систем создает предпосылки для перехода на прогрессивную технологию технического обслуживания, обеспечивающую:

- повышение эффективности использования производственных мощностей за счет увеличения межремонтных интервалов;
- выполнение адресных ремонтных воздействий исключительно на оборудовании, требующем вмешательства;

– минимизацию вероятности аварийных ситуаций, обусловленных внезапными отказами технических устройств.

Дополнительным экономическим эффектом от внедрения систем технической диагностики и мониторинга является существенное снижение эксплуатационных затрат на техническое обслуживание железнодорожной инфраструктуры. В условиях постоянного роста грузооборота на железнодорожном транспорте и увеличения интенсивности эксплуатации инфраструктуры, вопросы надежности и бесперебойной работы устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) приобретают особую актуальность [5]. Существующие системы мониторинга, разработанные в рамках устаревших технологических решений, зачастую не справляются с современными нагрузками, что приводит к росту количества отказов оборудования, незапланированным простоям и, как следствие, к значительным экономическим потерям.

Физический износ устройств СЦБ, рост требований к пропускной способности и необходимость минимизации эксплуатационных затрат диктуют потребность в принципиально новых подходах к организации систем диагностики и управления техническим состоянием оборудования. Традиционные методы планово-предупредительных ремонтов (ППР) уже не обеспечивают необходимой эффективности, поскольку не учитывают реальное состояние устройств и их фактическую наработку.

Внедрение современных интеллектуальных систем мониторинга, основанных на технологиях предиктивной аналитики и цифрового моделирования, позволит не только своевременно выявлять предотказные состояния оборудования, но и оптимизировать процессы технического обслуживания. Это, в свою очередь, обеспечит снижение эксплуатационных расходов, повысит безопасность движения и минимизирует простои, связанные с внезапными отказами.

Таким образом, оборудование систем технической диагностики и мониторинга элементами предиктивной аналитики, для более точного и обширного анализа состояния устройств ЖАТ является не просто актуальной задачей, а необходимым условием для устойчивого развития железнодорожного транспорта в условиях растущих нагрузок и жесточающихся требований к надежности и эффективности работы инфраструктуры.

Предиктивная аналитика в диагностике ЖАТ.

Ключевым преимуществом предиктивной аналитики является способность выявлять малозаметные, но критически важные изменения параметров работы устройств ЖАТ – таких как колебания напряжения, снижение уровня изоляции, отклонения температурных режимов и других характеристик [6]. Даже если эти показатели остаются в рамках допустимых значений, их динамика может свидетельствовать о развитии предотказного состояния. Современные алгоритмы машинного обучения способны анализировать эти изменения и предупреждать о потенциальных отказах за несколько часов или даже дней до их возникновения.

Внедрение таких систем позволит не только минимизировать количество аварийных ситуаций, но и оптимизировать процесс технического обслуживания, перейдя от регламентных работ к адресным вмешательствам именно там, где это действительно необходимо.

Это, в свою очередь, обеспечит значительное снижение эксплуатационных затрат и повышение общей надежности железнодорожной инфраструктуры. На представленных графиках зафиксированы критические изменения параметров работы рельсовой цепи, которые привели к отказу оборудования и простою грузовых поездов. Анализ этих данных позволяет выявить характерные аномалии, появляющиеся за несколько часов до аварии.

Особый интерес представляют:

- необычные колебания напряжения, которые сначала оставались в пределах нормы;
- постепенное нарастание амплитуды скачков напряжения;
- резкое изменение характеристик за 4 часа до полного отказа.

На предоставленных рисунках (рис. 1, рис. 2, рис. 3) отображены графики ключевых параметров работы рельсовой цепи, включая значения напряжения и его изменения за период времени

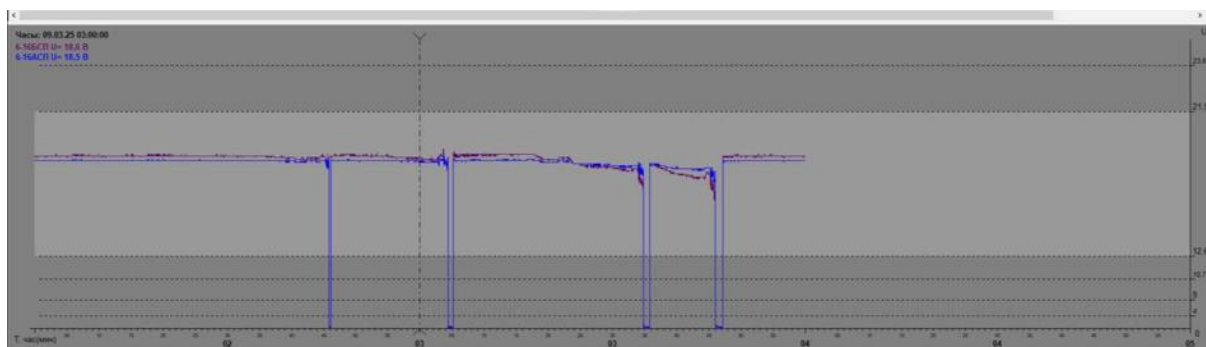


Рис. 1. График нормальной работы рельсовой цепи в шунтовом режиме



Рис. 2. График anomального изменения колебания напряжения
(в пределах нормы) на рельсовой цепи

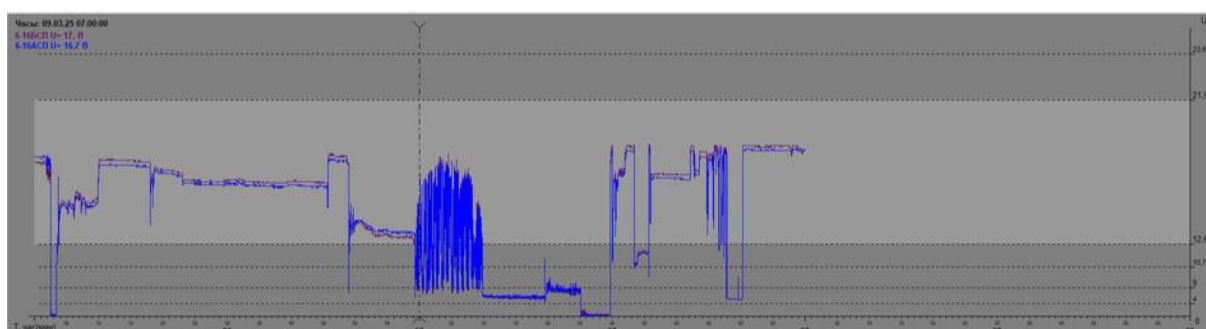


Рис. 3. График изменения напряжения на рельсовой цепи во время отказного состояния устройства ЖАТ

На основании анализа графических данных можно выделить три характерных временных периода, предшествовавших отказу рельсовой цепи:

Период стабильной работы (03:00–03:30) (рис.1).

Графики демонстрируют типичную картину работы рельсовой цепи в шунтовом режиме, параметры напряжения соответствуют нормальным значениям при прохождении подвижного состава, а динамика сигнала отражает стандартный паттерн поведения системы

Период появления аномалий (03:30–06:59) (рис.2).

С 03:30 фиксируются первые нехарактерные колебания напряжения, где значения остаются в пределах допустимой нормы, но:

- наблюдается отклонение от типичной динамики сигнала;
- постепенно увеличивается амплитуда колебаний;

– на рисунке 2 появляются признаки дивергенции, свидетельствующие о нарастающей неустойчивости системы

Критический период (после 07:00) (рис.3).

Через 3,5 часа после первых отклонений мы можем наблюдать колебания напряжения, выходящие за допустимые пределы. На рисунке 3 четко прослеживается выход параметров за критические значения, что в свою очередь говорит о полном отказе рельсовой цепи, нарушение нормального функционирования участка, вынужденного простоя подвижного состава.

Данная динамика наглядно демонстрирует развитие аварийной ситуации – от первых малозаметных отклонений до критического выхода параметров за допустимые границы. Особую важность представляет период 03:30–06:59, когда система, оставаясь формально работоспособной, уже демонстрировала признаки надвигающегося отказа.

Заключение. Визуальные данные наглядно демонстрируют, как развивалась аварийная ситуация. Графики показывают, что даже незначительные отклонения от нормального режима работы могут быть ранними признаками будущей поломки.

Детальное изучение представленных графиков особенно ценно для разработки системы раннего предупреждения подобных аварий. Оно позволяет определить точные параметры, на которые следует обращать внимание при мониторинге состояния рельсовых цепей, что подтверждает тезис о модернизации систем технической диагностики и мониторинга устройств ЖАТ, внедрением предиктивной аналитики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ефанов, Д. В. Становление и перспективы развития систем функционального контроля и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов // Автоматика на транспорте. 2016. Т. 2, № 1. С. 124–148. EDN VXJDHV.
- 2 Кайнов В. М. Доклад начальника департамента автоматики и телемеханики ОАО «РЖД» на четвертой международной научно-практической конференции «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте».
- 3 Тарасов, Е. М. К вопросу автоматизации технической диагностики и мониторинга / Е. М. Тарасов, А. Е. Тарасова, В. А. Надежкин // Наука и образование транспорту. 2022. № 1. С. 362–364. EDN ZLIYYT.
- 4 Ефанов, Д. В. Особенности функционирования систем технического диагностирования и мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры / Д. В. Ефанов // Автоматика на транспорте. 2018. Т. 4, № 3. С. 333–354. EDN YOTBLV.
- 5 Тарасов, Е. М. Анализ эффективности эксплуатации систем технической диагностики и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Е. М. Тарасов, В. А. Надежкин, С. А. Надежкина // Транспорт Азиатско–Тихоокеанского региона. 2025. № 1 (42). С. 103–108. DOI 10.31079/2415–8658–2025–1–102–107. EDN CCTPWS.
- 6 Надежкина, С. А. Использование предиктивной аналитики при диагностике и мониторинге устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / С. А. Надежкина, И. С. Бредун, В. А. Надежкин // Транспортное дело России. 2024. № 7. С. 184–186. EDN BXNHDL.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРОВ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Е. Ю. Шестакова¹, М. В. Башаркин²

Введение. Развитие технологий на железнодорожном транспорте всегда шло в ногу со временем. Появление электричества способствовало развитию рельсовых цепей, систем электрической централизации, автоблокировки. В середине 50-х годов XX века начался выпуск ЭВМ, над которыми работали известные ученые С.А. Лебедев, А.И. Берг, А.И. Китов, Б.И. Рамеев, В.М. Глушков, и уже 20 октября 1961 года Министром путей сообщения Б.П. Бещевым был подписан приказ о создании на Московской железной дороге первого информационно–вычислительного центра [1, 2]. Аналогичные центры на протяжении 60–70-х годов XX века появятся на всех железных дорогах СССР. В дальнейшем начнется переход от аналоговой к цифровой технике. Подразделения железнодорожного транспорта, в которых применяется рельсно–контактная аппаратура начнут внедрять микропроцессорные системы [3]. В XXI веке цифровые технологии повсеместно распространятся на железнодорожном транспорте. Появит–

¹ Шестакова Екатерина Юрьевна – студент группы СОДП-45у, ЭТФ

² Башаркин Максим Викторович – к.т.н., доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

ся концепция цифровой железнодорожной станции, цифровой подстанции, начнется внедрение технологии «виртуальной сцепки» [4–6]. Важным направлением становится мониторинг объектов инфраструктуры. Для мониторинга применяются как стационарные системы, в которых датчики на постоянной основе подключены к контролируемому оборудованию (например, системы технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики), так и передвижные вагоны–лаборатории (автоматики, телемеханики и связи «Атлант», испытания контактной сети «ВИКС», путеизмерительный «КВЛ–П2.1»). С 2019 для мониторинга состояния пути, искусственных сооружений, картографирования и составления плана путей в ОАО «РЖД» началось внедрение квадрокоптеров [7]. Однако квадрокоптеры возможно использовать практически во всех хозяйствах инфраструктурного комплекса железных дорог, в том числе для технического обслуживания устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) [8–10].

Цель работы – провести анализ возможности применения квадрокоптеров при техническом обслуживании устройств ЖАТ.

Задачи:

1. Проанализировать карты технологических процессов устройств ЖАТ для определения возможности применения квадрокоптеров при техническом обслуживании;
2. Оценить преимущества и недостатки использования квадрокоптеров в технологических процессах хозяйства автоматики и телемеханики.

Основная часть.

В ходе исследования проанализировано более 200 карт технологических процессов, применяемых при проведении технического обслуживания и ремонта оборудования в хозяйстве железнодорожной автоматики и телемеханики. Определены технологические процессы, в которых возможно применение квадрокоптеров:

1. Проверка видимости огней светофоров на главных путях перегонов и станций с локомотива;
2. Проверка с пути видимости сигнальных огней, зеленых светящихся полос и световых указателей светофоров, указателей перегрева букс на станции и перегоне;
3. Проверка видимости пригласительного огня;
4. Проверка внешнего состояния релейного (батарежного) шкафа;
5. Проверка:
 - замыкания острия стрелки или подвижного сердечника крестовины (в том числе с внешними замыкателями) в плюсовом и минусовом положениях при закладке между острием и рамным рельсом (подвижным сердечником крестовины и усовиком) щупа толщиной 2 мм;
 - замыкания острия стрелки или подвижного сердечника крестовины (в том числе с внешними замыкателями) в плюсовом и минусовом положениях при закладке между острием и рамным рельсом (подвижным сердечником крестовины и усовиком) щупа толщиной 4 мм;
6. Проверка на станции/перегоне состояния изолирующих элементов рельсовых цепей, стыковых соединителей и перемычек дроссельных, к кабельным стойкам, путевым трансформаторным ящикам.

Стоит отметить, что в большинстве технологических процессов применение квадрокоптеров в настоящее время невозможно. К таким относятся любые работы по замене аппаратуры и техническому обслуживанию с необходимостью вскрытия оборудования, например, внутренний осмотр стрелочного электропривода.

Вместе с тем существенными преимуществами квадрокоптера являются его мобильность и скорость передвижения между объектами. Также исключаются риски, возникающие из-за перемещения эксплуатационного персонала по путям или проведения работ вблизи путей.

Отметим ситуации, в которых квадрокоптеры имеют преимущество по сравнению с эксплуатационным персоналом в ходе технического обслуживания устройств ЖАТ:

- проведение работ на труднодоступных участках перегонов с отсутствием оборудованного технического подъезда к сигнальным точкам;

- повышение контроля качества проводимых работ, достигаемое за счет возможности просмотра видеозаписей с видеокамеры, которой оборудован квадрокоптер;
- обслуживание оборудования, удаленного относительно друг друга и поста электрической централизации.

К основным недостаткам использования квадрокоптеров отнесем:

- ненулевую вероятность столкновения с контактным проводом и подвижным составом;
- невозможность выполнения графика технологического процесса при неблагоприятных погодных условиях;
- низкую автономность и радиус действия сигнала.

Заключение.

В результате исследования:

1. Проведен анализ карт технологических процессов устройств ЖАТ и определены технологические процессы, в которых возможно применить квадрокоптеры при техническом обслуживании;
2. Оценены преимущества и недостатки использования квадрокоптеров в технологических процессах хозяйства автоматики и телемеханики.

На следующем этапе работы необходимо разработать алгоритм проведения технического обслуживания устройств ЖАТ с применением квадрокоптера, а также рассмотреть пути увеличения области функционирования квадрокоптеров, включая транспортировку аппаратуры необходимой для плановой замены или при проведении ремонтных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Прохоров, С. Конспирология создания первых советских ЭВМ / С. Прохоров, Д. Волков // Открытые системы. СУБД. 2020. № 4. С. 43–45. DOI 10.26295/OS.2020.31.51.003. EDN AIXPTQ.
- 2 Мощное наследие «Днепра» и «Урала» [Электронный ресурс] // АО «Издательский дом «Гудок». <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1354845>. (дата обращения: 21.04.25).
- 3 Бабошин, В. А. Применение микропроцессорных систем на железнодорожном транспорте / В. А. Бабошин, С. А. Баранюк // Инновационная железная дорога. Новейшие и перспективные системы обеспечения движения поездов. Проблемы и решения : Сборник статей Международной научно-теоретической конференции, Санкт-Петербург, Петергоф, 18 мая 2021 года. Санкт-Петербург, Петергоф: ВОЕННЫЙ ИНСТИТУТ (ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОЙСК И ВОЕННЫХ СООБЩЕНИЙ), 2021. С. 174–181. EDN ZVG DUR.
- 4 Гапанович, В. А. Основные направления развития интеллектуального железнодорожного транспорта / В. А. Гапанович, И. Н. Розенберг // Железнодорожный транспорт. 2011. № 4. С. 5–11. EDN NUPDXP.
- 5 Гаранин, М. А. Анализ потенциала применения сквозных цифровых технологий в системе тягового электроснабжения электрифицированных железных дорог / М. А. Гаранин, С. А. Фроленков, Т. С. Максимова // Вестник транспорта Поволжья. 2023. № 1 (97). С. 19–27. EDN EHDVJT.
- 6 Добрынин, Е. В. Цифровая подстанция. Метод реализации / Е. В. Добрынин, И. А. Ефремова // Вестник транспорта Поволжья. 2020. № 1 (79). С. 16–22. EDN DMDDMZ.
- 7 Практика применения беспилотников в ОАО «РЖД» [Электронный ресурс] // Информационное агентство РЖД–Партнер.Ру. <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/comments/praktika-primeneniya-bespilotnikov-v-oao-rzhd/>. (дата обращения: 25.04.25).
- 8 Башаркин, М. В. Тепловизионный контроль рельсовой линии с помощью БПЛА / М. В. Башаркин, А. Г. Исайчева, Н. А. Исайчева // Автоматика, связь, информатика. 2024. № 9. С. 14–16. DOI 10.62994/AT.2024.9.9.004. EDN CSCRKR.
- 9 Башаркин, М. В. Трансформация технологического процесса хозяйства автоматики телемеханики на основе беспилотных летательных аппаратов / М. В. Башаркин // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы V Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2023 года. Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2023. С. 142–145. EDN CSKRIG.
- 10 Исайчева, Н. А. Анализ БПЛА для тепловизионного контроля объектов тяговой сети / Н. А. Исайчева, М. В. Башаркин // Железнодорожный транспорт и технологии : сборник трудов Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 29–30 ноября 2023 года. Екатеринбург: Уральский государственный университет путей сообщения, 2024. С. 98–100. EDN ESVKQA.

В. С. Баева¹, В. Ф. Путько²

Введение. Современный мир стоит перед экологическими и энергетическими вызовами. Глобальное изменение климата, ускоряющее истощение запасов ископаемого топлива и растущий спрос на энергоресурсы требуют необходимость перехода к экологически безопасным решениям. Возобновляемые источники энергии представляют собой ключевой элемент устойчивого развития, предлагая альтернативу традиционным ископаемым ресурсам. Цель статьи – рассмотреть основные виды возобновляемых источников энергии, их преимущества и недостатки, а также проанализировать перспективы их интеграции в транспортную сферу.

Основная часть. Потенциал солнца для обеспечения потребностей человечества огромен. Нужно отметить, что солнечные станции или фермы, которые используют зеркала для концентрации солнечного света могут создавать огромное количество запасов энергии. Принцип её преобразования основан на двух ключевых технологиях: фотоэлектрических панелях, генерирующих электричество за счёт полупроводниковых свойств кремния и солнечных коллекторах, аккумулирующих тепловую энергию через нагрев жидкостей или газов [1]. Эффективность накопления и использования такой энергии варьируется в зависимости от нескольких факторов:

- времени суток и положения солнца;
- сезонных изменений;
- географических особенностей местности.

Преимущества солнечной энергии: её многогранность, доступность применения, неисчерпаемость, экологичность. Помимо плюсов есть ещё и недостатки, например, к ним можно отнести зависимость от погоды.

Одним из перспективных направлений солнечной энергии является применение графена. Этот материал, обладающий высокой электропроводностью, прозрачностью и устойчивостью к внешним воздействиям, позволяет увеличить КПД солнечных элементов. Графен способен поглощать широкий спектр излучения, включая инфракрасный диапазон, что недоступно традиционным кремниевым панелям. Кроме того, его использование в качестве защитного слоя снижает деградацию панелей от влаги и механических повреждений, продлевая срок их службы. Эти инновации открывают путь к созданию компактных и высокоэффективных систем, способных снизить затраты на установку и обслуживание.

Интеграция солнечной энергии в транспортную инфраструктуру, в частности в железнодорожный сектор, демонстрирует практическое применение технологий. Установка панелей на крышах поездов позволяет питать вспомогательные системы (освещение, кондиционирование) и заряжать аккумуляторы. Для реализации требуется лёгкие, виброустойчивые панели с высоким КПД, а также надёжные системы управления энергией.

Преимущество данного метода заключается в том, что происходит снижение нагрузки на электросеть и использование энергии непосредственно на месте, а к минусам относят ограниченную площадь поверхности крыши, зависимость выработки электроэнергии от погодных условий, дополнительные затраты на установку и обслуживание батарей.

Альтернативный подход – размещение солнечных ферм вдоль железнодорожных путей в полосе отвода – решает проблему ограниченной площади на подвижном составе. Это позволяет генерировать электроэнергию, которая может использоваться как для питания поездов, так и для передачи в общую энергосистему. Преимуществами данного метода являются то, что использование существующей полосы отвода исключает необходимость выделения дополнительных земельных участков; производимая солнечная энергия может быть использована для питания железнодорожной инфраструктуры, включая освещение станций, системы сигнализации и связи. Следует отметить, что ориентация железнодорожных путей в

¹ Баева Варвара Сергеевна – студент группы СОДПЗ1, ЭТФ

² Путько Валерий Фёдорович – д.т.н., профессор кафедры «Электротехника»

направлении запад–восток, характерная для России, способствует оптимальному расположению солнечных панелей по отношению к солнцу.

Солнечные панели, объединённые в стринги, способны генерировать постоянное напряжение до 3000 В, что делает их пригодными для непосредственного питания тяговых двигателей электровозов без необходимости использования дополнительных преобразовательных устройств, таких как трансформаторы и выпрямители.

Интеграция стрингов солнечных панелей может быть эффективна как при установке на крышах подвижного состава, так и в стационарных системах вдоль железнодорожных путей. Принцип работы основан на последовательном соединении большого количества солнечных модулей, что позволяет суммировать их выходное напряжение, которое соответствует требованиям тяговых двигателей электровозов, питающихся от контактной сети через преобразователи. Устранение промежуточных этапов преобразования энергии снижает потери и упрощает систему, повышая её общий КПД. Высокое напряжение в стрингах снижает силу тока, что минимизирует резистивные потери в кабелях и позволяет использовать проводники меньшего сечения, экономя материалы и снижая вес инфраструктуры. Однако управление таким напряжением требует тщательной изоляции компонентов и реализации систем автоматического отключения при авариях.

Энергия ветра, преобразуемая через лопасти турбин в электричество, широко применяется в ветропарках на суше и море. Наземные установки, расположенные на открытых равнинах или холмах, обладают высокой эффективностью в районах с постоянными ветрами. Морские ветряные электростанции, хотя и имеют больший энергетический потенциал, страдают от коррозии из-за солёной воды, что сокращает их эксплуатационный срок. Преимущества ветроэнергетики включают низкие операционные затраты и экологичность, но существуют и недостатки: шумовое загрязнение, риск для птиц и необходимость резервных мощностей при отсутствии ветра [2].

Гидроэнергетика использует кинетическую энергию воды, вращающей турбины ГЭС. Классические плотинные станции вызывают экологические проблемы, такие как изменение русла рек и угнетение водных экосистем.

Геотермальная энергия, извлекаемая из тепла земных недр, обеспечивает стабильность, независимо от времени суток или сезона. Геотермальные насосы, использующие разницу температур между поверхностью и глубинными слоями, применяются для отопления и генерации электроэнергии [3]. Главный минус этого метода заключается в том, что преобладают ограниченные географические возможности.

Биотопливо, получаемое из органического сырья, представлено твёрдыми (древесина), жидкими (биодизель и биоэтанол) и газообразными (биогаз) формами [4]. Биогаз образуется в результате анаэробного брожения растительных остатков, пищевых отходов под воздействием бактерий.

Заключение. Возобновляемые источники энергии играют ключевую роль в переходе к устойчивому и экологически чистому будущему. Их развитие способствует снижению зависимости от ископаемого топлива и созданию экономических возможностей. Несмотря на существующие недостатки такие как высокая стоимость оборудования, непредсказуемость, низкий КПД, а следовательно, и низкая мощность, существует также и ряд преимуществ: низкая себестоимость, экологичность и возобновляемость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Солнечная энергетика: реальность и перспективы / И. К. Самойловский, М. В. Зими́на, К. А. Воловиков, М. М. Украинцев // Молодая наука аграрного Дона: традиции, опыт, инновации. 2021. № 5. С. 1;
- 2 Экологическая оценка возобновляемых источников энергии : учебное пособие для вузов / Г. В. Пачурин, Е. Н. Соснина, О. В. Маслеева, Е. В. Крюков. 4-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2025. С. 15;
- 3 Энергосберегающие технологии в электроэнергетике : учебное пособие / Г. П. Корнилов, М. М. Лыгин, Р. А. Закирова, И. Р. Абдулвелеев. Магнитогорск : МГТУ им. Г.И. Носова, 2020. С. 43;
- 4 Гусев, А.Б. Биотопливо – Инновационная перспектива Российской энергетики / А. Б. Гусев // Управление наукой и наукометрия. 2008. № 3. С. 2.

ШАРОВАЯ МОЛНИЯ

А. Р. Уринов¹, В. Ф. Путько²

Введение. Лабораторное моделирование изучение шаровой молнии может помочь понять, чем является шаровая молния и как возможно её использовать.

Теории о шаровой молнии и роль аномальной теплопроводности воздуха

Теория Петра Леонидовича Капицы

Академик П.Л. Капица предложил одну из наиболее известных гипотез, объясняющих природу шаровой молнии. Согласно его модели, шаровая молния представляет собой плазменный сгусток (плазмоид), удерживаемый в пучности стоячей электромагнитной волны СВЧ-диапазона, генерируемой грозowymi облаками. Эта волна создает замкнутое электромагнитное поле, которое подпитывает плазму энергией, позволяя ей сохранять стабильность и светиться.

- **Механизм удержания:** Капица предположил, что энергия шаровой молнии поступает извне – от грозowych разрядов, генерирующих радиоволны. Плазма в шаре ионизируется под действием высокочастотного поля, а магнитное поле волны удерживает её в сферической форме.

- **Парадокс теории:** Экспериментальные поиски СВЧ-излучения в грозowych условиях не подтвердили наличие достаточной энергии для поддержания плазмоида. Это поставило под сомнение внешний источник энергии, однако Капица объяснил взрыв молнии как резкое прекращение подпитки радиоволнами.

- **Лабораторные эксперименты:** Капица воспроизвел сферические разряды в гелиевой среде при атмосферном давлении, добавляя органические соединения для изменения цвета свечения. Эти объекты напоминали шаровую молнию, но их связь с природным явлением осталась недоказанной.

Аномальная теплопроводность воздуха и сохранение энергии

Одной из ключевых загадок шаровой молнии является её способность сохранять энергию внутри плазменного шара при температурах 6000–9000°C без быстрого рассеивания тепла (рис. 1). Это объясняется аномально низкой теплопроводностью воздуха в условиях высокотемпературной плазмы.

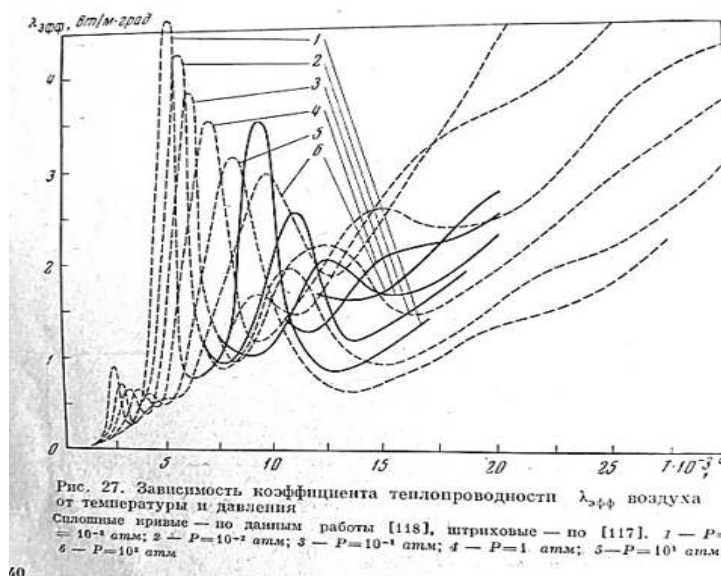


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности $\lambda_{эфф}$ воздуха от температуры и давления
Зависимость коэффициента теплопроводности $\lambda_{эфф}$ воздуха от температуры и давления.
Сплошные кривые – по данным работы [1], штриховые – по [117]. 1– $P=10^{-3}$ атм; 2– $P=10^{-2}$ атм;
3– $P=10^{-1}$ атм; 4– $P=1$ атм; 5– $P=10^1$ атм; 6– $P=10^2$ атм;

¹ Уринов Алексей Романович – студент группы СОДП-31, ЭТФ

² Путько Валерий Фёдорович – д.т.н., профессор кафедры «Электротехника»

- **Физический механизм:** При таких температурах воздух переходит в состояние плазмы, где доминируют ионизированные частицы. В отличие от обычного газа, теплопередача в плазме происходит не за счет столкновений молекул, а через излучение и медленную диффузию заряженных частиц. Это замедляет потерю энергии через теплопроводность.

- **Роль изоляции:** Низкая теплопроводность создает «термоизоляционный слой» вокруг плазменного ядра, позволяя энергии накапливаться внутри шара. Это согласуется с наблюдениями, где шаровая молния сохраняет форму и яркость до нескольких минут, несмотря на экстремальные внутренние температуры.

- **Связь с теорией Капицы:** В модели Капицы внешнее СВЧ-поле не только питает плазму, но и стабилизирует её структуру, минимизируя конвективные потери тепла. Низкая теплопроводность воздуха дополняет этот механизм, продлевая время жизни молнии.

Критика и современные интерпретации

- **Проблемы теории Капицы:** Отсутствие подтверждённых СВЧ-источников в атмосфере и кратковременность лабораторных аналогов ставят под вопрос полноту гипотезы. Однако идея о роли электромагнитных полей остается актуальной в контексте кластерных и химических моделей.

- **Химическая модель:** Китайские исследователи, зафиксировав в спектрах шаровой молнии линии кремния и железа, предположили, что её энергия может храниться в наночастицах почвы, испаряемых обычной молнией. Низкая теплопроводность воздуха замедляет окисление этих частиц, продлевая свечение.

- **Термохимические реакции:** Горение озона и образование оксидов азота в шаре также требуют медленного рассеивания тепла, что обеспечивается аномальной теплопроводностью. Это объясняет как длительное свечение, так и запах серы после исчезновения молнии.

Гипотеза фосфенов (Йозеф Пеер и Александр Кендль)

Согласно этой теории, шаровая молния может быть не физическим объектом, а зрительной галлюцинацией, вызванной воздействием электромагнитных полей грозовых разрядов на мозг человека. Австрийские учёные предположили, что повторяющиеся магнитные импульсы от молний индуцируют электрические поля в зрительной коре, что приводит к возникновению фосфенов – световых образов, которые воспринимаются как светящиеся шары. Эта гипотеза объясняет, почему явление часто описывается как «мыслящее» или движущееся вопреки законам физики, но критикуется из-за реальных физических следов, оставленных некоторыми шарами (например, оплавленные предметы).

Теория Д. Абрахамсона и Д. Динниса

Новозеландские химики предположили, что шаровая молния образуется при ударе линейной молнии в почву, богатую силикатами и органическим углеродом. В результате выделяется клубок наночастиц кремния и карбида кремния, которые окисляются в воздухе, создавая свечение. Температура такого шара может достигать 1200–1400 °С, а его время жизни зависит от скорости окисления частиц. Эта теория подтверждается спектральными данными, полученными китайскими учёными в 2012 году, где в составе шаровой молнии были обнаружены кремний, железо и кальций – элементы, характерные для почвы.

Модель Б.М. Смирнова

Советский физик Борис Смирнов предложил, что шаровая молния имеет ячеистую структуру, напоминающую аэрогель. Её каркас состоит из фрактальных нитей плазмы, стабилизированных магнитными полями. Энергия хранится в поверхностных слоях микропористой структуры, что объясняет высокую энергоёмкость при малых размерах (до 10–20 см). Такая конструкция позволяет шару проникать через узкие щели и сохранять форму даже при сильных внешних воздействиях. Теория также учитывает химический состав, включая оксиды металлов, обнаруженные в следах шаровых молний

Сравнение теорий (рис. 2)

Критерий	Фосфены	Абрахамсон и Диннис	Смирнов
Природа	Нейробиологическая иллюзия	Химико-физический процесс	Плазменная структура
Энергия	Отсутствует	Окисление наночастиц	Поверхностная энергия каркаса
Подтверждение	Лабораторные аналоги TMS-эффекта	Спектральный анализ (2012 г.)	Анализ следов и эксперименты
Слабости	Не объясняет физические следы	Не охватывает все случаи	Сложность воспроизведения

Рис. 2. Сравнение теорий

Лабораторное моделирование и эксперименты в микроволновой печи

Шаровая молния – редкое и малоизученное природное явление, возникающее во время грозы. Её характерные черты: светящийся шар диаметром до 30 см, способность двигаться хаотично и существовать до нескольких минут. Несмотря на столетия наблюдений, физическая природа шаровой молнии остаётся загадкой. Современные исследования направлены на воспроизведение этого феномена в лабораторных условиях. Одним из инструментов для экспериментов стала обычная микроволновая печь, чей магнетрон позволяет генерировать высокочастотное излучение, необходимое для создания плазменных образований.

Методы лабораторного моделирования

1. Эксперименты израильских учёных

В 2006 году исследователи из Тель-Авивского университета (Владимир Дихтябрь и Эли Йерби) разработали установку, имитирующую микроволновую печь. Используя магнетрон мощностью 600 Вт и частотой 2,45 ГГц, они воздействовали на расплавы кремния, стекла и оксидов алюминия. В результате формировались плазменные шары диаметром 3 см, существовавшие до нескольких секунд. Эти образования двигались со скоростью 0,2 м/с и поджигали предметы на пути, демонстрируя свойства, схожие с природными аналогами.

2. Принцип работы

Микроволны фокусируются на острие металлического стержня, что приводит к локальному нагреву материала до 3000 °С. Испаряемое вещество образует плазму, которая под действием излучения формируется в шар. Для стабилизации требуется постоянная подпитка микроволнами – в их отсутствие шар быстро распадается.

Попытки домашнего воспроизведения

1. Эксперимент с консервной банкой

Энтузиасты предлагают создать аналог лабораторной установки из подручных средств:

- Из консервной банки изготавливается «канцелярская кнопка» с острым наконечником.
- Конструкция помещается в микроволновку.
- При включении печи на острие формируются микроскопические плазменные шары.

Результаты:

- Образования существуют доли секунды и не опасны, но эксперимент повреждает микроволновку (прогорают слюдяная пластина).

2. Опыты с графитом и лампами

При помещении графита и иглы в микроволновку возникает электрическая дуга, которая может генерировать кратковременные плазмоиды. В некоторых случаях это приводит к образованию алмазоподобных структур в микроскопических масштабах.

Технические ограничения и риски

1. Короткое время жизни: лабораторные молнии существуют лишь несколько секунд, тогда как природные – минуты.

2. Энергетическая ёмкость: Энергия искусственных молний не превышает десятков джоулей, что в тысячи раз меньше природных аналогов.

3. Опасность экспериментов:

- Высокое напряжение магнетрона (до 2000 В) может привести к летальному исходу.
- СВЧ-излучение повреждает электронику и вызывает нагрев тканей организма.
- Попытки «растопить маргарин» или использовать металлические предметы в микроволновке приводят к взрывам и пожарам.

3. Опыт со зажжённой свечой.

Теоретическая основа эксперимента

Шаровая молния – это плазменное образование, удерживаемое электромагнитными полями. В микроволновой печи магнетрон генерирует волны частотой 2,45 ГГц, которые могут ионизировать газы при определённых условиях. Зажжённая свеча выделяет:

1. Сажу (углеродные частицы) – проводник электричества.
2. Горячие газы (CO_2 , H_2O) – могут ионизироваться под действием микроволн.

При совмещении этих факторов возникает плазменный разряд, который теоретически может напоминать шаровую молнию.

Гипотетические шаги эксперимента

1. Подготовка:

- Удалите вращающийся поддон из микроволновки.
- Установите термостойкую керамическую тарелку (можно и без неё).
- Зажгите свечу (парафиновую или восковую) и поместите её в центр тарелки.

2. Включение микроволновки:

- Установите минимальную мощность (100–200 Вт) и время (2–5 сек).
- Наблюдайте через стекло (не приближайтесь!).

3. Процесс:

- Микроволны фокусируются на саже и ионизируют газы вокруг пламени.
- Возникают кратковременный плазменный шар (диаметром 1–3 см),

Что происходит на физическом уровне

1. Ионизация газов:

- Высокочастотное излучение «разрывает» молекулы CO_2 и H_2O , создавая свободные электроны и ионы.

2. Образование плазмы:

- Ионизированные частицы формируют проводящую среду.
- Электромагнитное поле удерживает плазму в форме шара.

3. Стабилизация:

- Пламя свечи поддерживает температуру, предотвращая мгновенный распад плазмы.

Перспективы исследований

1. Изучение плазменных процессов: Эксперименты помогают понять, как энергия удерживается в шаре и взаимодействует с окружающей средой.

2. Применение в энергетике: Управляемая плазма может стать основой для новых источников энергии или методов обработки материалов.

3. Синтез материалов: воздействие СВЧ на расплавы позволяет создавать наноструктуры, такие как алмазы или керамика.

Заключение

Несмотря на успехи в лабораторном моделировании, создание аналога природной шаровой молнии остаётся недостижимым. Эксперименты с микроволновками демонстрируют лишь упрощённые версии явления, сопряжённые с высокими рисками. Дальнейшие исследования требуют разработки безопасных установок и междисциплинарного подхода, объединяющего физику плазмы, материаловедение и энергетику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Смирнов Б. М. Физика шаровой молнии. Москва : Наука, 1990. 256 с.
- 2 Капица П. Л. Электромагнитная природа шаровой молнии // Доклады Академии наук СССР. 1955. Т. 101, № 2. С. 245–248.
- 3 Abrahamson J., Dinniss J. Ball lightning and soil chemistry // Physics World Digest. 2000. Vol. 13, no. 4. P. 29–32.
- 4 Пеер Й., Кендль А. Фосфены как возможное объяснение шаровой молнии // Physics Letters A. 2010. Vol. 374, no. 15–16. P. 1602–1605.
- 5 Полак Л. С. (ред.) Очерки физики и химии низкотемпературной плазмы. Москва : Наука, 1971. 412 с.
- 6 Стаханов И. П. О физической природе шаровых молний. Москва : Энергоатомиздат, 1985. 168 с.
- 7 Cen J., Yuan P., Xue S. Observation of the optical spectrum of ball lightning // Physical Review Letters. 2012. Vol. 112, no. 3. P. 035001. DOI: 10.1103/PhysRevLett.112.035001.
- 8 Федосин С. Г., Ким А. С. Магнитная стабилизация плазмы в шаровой молнии // Успехи физических наук. 2001. Т. 171, № 5. С. 543–550.
- 9 Очерки физики и химии низкотемпературной плазмы / под ред. Л. С. Полака. Москва : Наука, 1971. 412 с.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ УСКОРИТЕЛИ

Е. А. Хозяинова¹, В. Ф. Путько²

Введение. Электромагнитные ускорители – это устройства, которые преобразуют электрическую энергию в кинетическую с помощью силы Лоренца. Такие системы могут быть использованы в высокоскоростных транспортных и оборонных технологиях. Актуальность темы в том, что электромагнитные ускорители интересны как с научной точки зрения, так и с практической. Они помогают лучше понять физические законы и могут быть использованы для создания приводных систем без движущихся частей. Цель статьи – представить физическую модель работы электромагнитного ускорителя на примере рельсотрона, а также проверить эффект ускорения и оценить возможности применения технологии. Основой исследования стали уравнения электромагнетизма и анализ энергетических характеристик экспериментальной установки.

Основная часть. Электромагнитные ускорители масс – устройства, использующие электромагнитные силы для ускорения объектов. В контексте ускорителей нас интересует движущая сила, толкающая снаряд в электромагнитной рельсотронной пушке. Когда между двумя параллельными токопроводящими рельсами (электродами), находящиеся под электрическим напряжением, пропускается электрический ток, он также протекает через подвижную проводящую перемычку – снаряд (или якорь), замыкающий цепь. Этот ток, текущий по рельсам, создает сильное магнитное поле (В), направление которого можно определить по правилу правого винта [1]. Ток (I), проходящий через снаряд, направлен перпендикулярно вектору магнитной индукции (В), создаваемому токами в рельсах. Согласно закону силы Лоренца на снаряд начинает действовать сила:

$$F = I (L \cdot B).$$

Направление этой силы, определяемое по правилу левой руки, перпендикулярно как току в снаряде, так и магнитному полю, и направлено вдоль рельсов, что и приводит к ускорению снаряда [2].

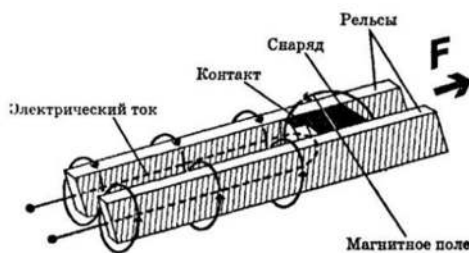


Рис. 1. Принцип работы рельсовой пушки

¹ Хозяинова Евгения Алексеевна – студентка группы СОДП-31, факультет ЭТФ

² Путько Валерий Федорович – д.т.н., профессор кафедры «Электротехника»

Экспериментальная реализация рельсотрона на основе колесной пары

Экспериментальные данные, приведенные в данной работе, были получены в ходе предыдущих исследований. Принцип работы электромагнитного ускорителя был представлен в виде установки, состоящей из рельса длиной 1 м, колесной пары массой 0,1 кг, соединённая с источником питания на 12 В через провода с зажимами. При замыкании цепи ток в рельсах создает магнитное поле B (перпендикулярное плоскости рельсов), ток I в колесной паре взаимодействует с магнитным полем B , создавая силу Лоренца, толкающую колесную пару, которая играет роль шунтирующей перемычки, вдоль рельсов.

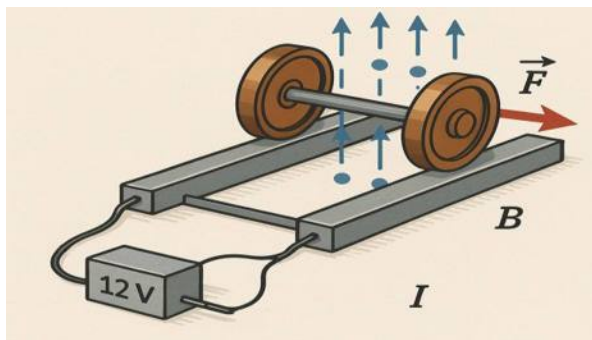


Рис. 2. Принцип работы электромагнитного ускорителя

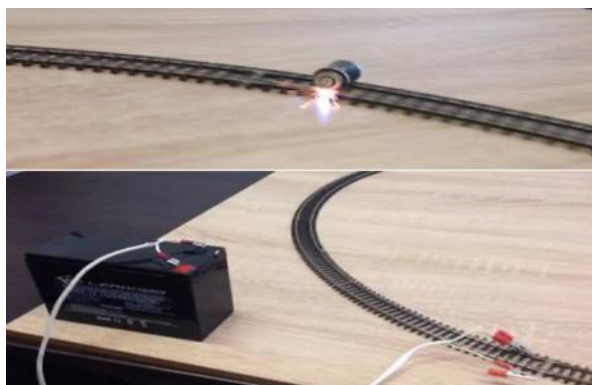


Рис. 3. Модель рельсотрона в сборе

При замыкании цепи происходило мгновенное ускорение колесной пары вдоль рельсов. Наблюдаемая скорость составляла около $V=0,5$ м/с. Ток в цепи достигал 15 А. По измеренным данным проведён расчёт КПД установки:

1. Затраченная энергия:

$$E_{\text{затр}} = U \cdot I \cdot t = 12 \cdot 15 \cdot \frac{1}{0,5} = 360 \text{ Дж.}$$

2. Кинетическая энергия:

$$E_{\text{полез}} = \frac{1}{2} \cdot mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,1 \cdot 0,5^2 = 0,0125 \text{ Дж.}$$

3. КПД:

$$\eta = \frac{E_{\text{полез}}}{E_{\text{затр}}} \cdot 100 \% \approx \frac{0,0125}{360} \cdot 100 \% \approx 0,0035 \ %.$$

Несмотря на низкий КПД, установка наглядно продемонстрировала ключевой эффект – ускорение проводника под действием силы Лоренца. Потери объясняются сопротивлением рельсов, искрением, трением, контактным сопротивлением.

Пример применения: система Hyperloop

Инновационный транспорт Hyperloop, впервые предложенный Илоном Маском в 2013 году, представляет собой систему капсул, движущихся в вакуумной трубе со скоростью до 1200 км/ч. В качестве движителя применяется линейный электродвигатель – разновидность

рельсотрона, в котором переменное магнитное поле создаёт тягу вдоль пути [3]. Капсула, взаимодействующая с полем, испытывает действие силы Лоренца, аналогично лабораторному рельсотрону. В Hyperloop также применяются магнитные или воздушные подушки, устраняющие трение. Питание осуществляется импульсами высокой мощности, синхронизированными с положением капсулы, что требует точной работы систем управления и электропитания. Ведущие компании, такие как Virgin Hyperloop и Hardt, продолжают разработки с использованием тех же принципов: мощные токи, управляемое магнитное поле и минимизация сопротивлений [4]. В отличие от классического рельсотрона, система Hyperloop оптимизирована для долговременной эксплуатации и безопасности.



Рис. 4. Hyperloop-платформа, основанная на технологии рельсотронного ускорителя

Закключение. В рамках работы проведён теоретический и практический анализ действия электромагнитного ускорителя. Продемонстрировано, как сила Лоренца реализуется в простейшей конструкции рельсотрона. Эксперимент подтвердил возможность электромагнитного разгона проводника без применения механических приводов. Технологические аналогии, такие как Hyperloop, указывают на потенциал масштабирования электромагнитного принципа в транспортных системах будущего. Перспективы дальнейших исследований заключаются в оптимизации конструкции, поиске энергоэффективных решений и применении импульсных источников питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Иродов И. Е. Электричество и магнетизм: учебное пособие. М.: Физматлит, 2020.
- 2 Колмаков С. Е. Электротехника и электроника: учебник для вузов. СПб.: Питер, 2022.
- 3 Musk E. Hyperloop Alpha. SpaceX White Paper. 2013. URL: <https://www.spacex.com/hyperloop>
- 4 Zhang Y. et al. Design and Simulation of a Railgun System // IEEE Transactions on Plasma Science. 2021. Vol. 49 (8), pp. 2304–2310.
- 5 Vantu R. et al. Losses and Efficiency in Electromagnetic Launchers // Journal of Applied Electromagnetics. 2020. Vol. 34 (3), pp. 111–120.
- 6 Pankratov A. V. Linear Motors and Levitation Transport Systems // Transport Systems. 2022. №5. С. 45–53.

ПРОЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ С РАЗРАБОТКОЙ ЦИФРОВОЙ ЗАЩИТЫ

К. А. Махалов¹, Е. В. Добрынин²

Развитие технологий контроля и управления устройствами тягового электроснабжения позволяет решить ряд задач, стоящих при модернизации тяговых подстанций, которые на сегодняшний день исчерпали свой ресурс и не соответствуют уровням нагрузки:

- 1) Автоматизация процессов сбора, передачи и анализа данных [1]
- 2) Повышение уровня контроля за качеством проведения видов ремонтов
- 3) Повышение контроля за техническим состоянием устройств [2, 3]
- 4) Переход от ППР к ремонту по фактическому состоянию объекта

Все вышеперечисленные задачи решаются путём выбора микропроцессорных блоков защиты, расчёт их уставок, расчётной проверки оборудования на тяговой подстанции и анализа состояния релейной защиты на тяговой подстанции.

В настоящее время релейная защита выполнена на базе электромеханических реле, использование которых представляется неэффективной, так как:

- 1) Ухудшается электромагнитная совместимость этих устройств вследствие соединения с взаимосвязанными цепями
- 2) Снижается общая надёжность присоединения из-за многочисленности использования этих устройств и также создаёт трудности при ТО и диагностировании.

Для решения всех проблем предлагается заменить электромеханические блоки на блоки цифровой защиты [4]. В качестве блоков цифровой защиты возможно использование отечественных производителей (БМРЗ, Сириус, НИИЭФА), позволяющие в реальном времени контролировать параметры работы системы электроснабжения (напряжение в на шинах подстанции и в сети, ток нагрузки) и в случаях аварий фиксировать осциллограммы измеряемых токов и напряжений.

Одним из модификаций микропроцессорного блока защиты «ИнТер» является терминал ИнТер–3,3, который предназначен для выполнения функций релейной защиты фидеров контактной сети постоянного тока напряжением 3,3 кВ, а также [5]:

- 1) Функций защиты контроля тока и напряжения ФКС;
- 2) Функций автоматики;
- 3) Управление БВ;
- 4) Управление ЛР;
- 5) Функции сигнализации;
- 6) Регистрация событий и аварийных процессов;
- 7) Функций диагностирования БВ;
- 8) Функций самодиагностики;
- 9) Технический учёт электроэнергии.

В состав терминала входят: БЗА, БУ, БР–3,3, которые устанавливаются в КРУ – в шкаф управления ячейкой 3,3 кВ.

В функции защиты входят:

- 1) Двухнаправленная максимальная токовая защиты;
- 2) Направленная дистанционная защита 1 ступени;
- 3) Направленная дистанционная защита 2 ступени;
- 4) Направленная защита по приращению тока;
- 5) Направленная защита по критической скорости нарастания тока;
- 6) Защита по минимальному напряжению;
- 7) Защита по повышенному напряжению;

¹ Махалов Кирилл Алексеевич – студент группы СОДП-04, Электротехнический факультет

² Добрынин Евгений Викторович – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Электроснабжение железнодорожного транспорта»

- 8) Кваситепловая защита;
- 9) Приём дискретного сигнала о срабатывании РДШ или аналогичного устройства защиты ФКС;
- 10) Приём дискретных сигналов от внешних устройств защиты.



Рис. 1. Микропроцессорное устройство защиты «ИнТер»

Целесообразность замены определяется следующими преимуществами:

- 1) Расширение функционала защиты
- 2) Повышение чувствительности
- 3) Повышение надежности
- 4) Беспрепятственная взаимосвязь между блоками защиты
- 5) Самодиагностика защиты и контроль ресурса состояния оборудования
- 6) Снижение ложных отключений
- 7) Повышение вероятности отключения при удаленных коротких замыканиях
- 8) Уменьшение числа проводников для снижения электромагнитного влияния

В совокупности преимуществ микропроцессорных блоков позволит достичь совершенствование в главных пунктах таких как снижение простоя подвижного состава, снижение вероятности повреждения оборудования и минимизация участия в работе с оборудованием оперативного персонала. Цифровая защита является базой для реализации технологии цифровой подстанции [6].

Существенным недостатком же является их высокая стоимость, которая постепенно снижается с появлением более бюджетных решений, кроме того, следует отметить, что такие недостатки, как периодические сбои в программном обеспечении, в момент которого если произойдет короткое замыкание, может привести к повреждению оборудования, и узкий диапазон рабочих температур.

Таким образом, несмотря на перечисленные недостатки их немалые преимущества позволяют сделать микропроцессорные устройства эффективными. Помимо этого, установка надежного ПО и обеспечение благоприятных условий работы, практически исключает появление ошибок и сбоев в их работе.

Следует также привести в сравнение электромеханические реле и микропроцессорные блоки по следующим техническим показателям:

- 1) Время срабатывания

В среднем время срабатывания находится в диапазоне от 1–2 до 20 мс, но из-за погрешностей от температуры и напряжения может доходить до 50 мс. В то время как у микропроцессорных реле задержки срабатывания функций защиты не превышает 30 мс.

- 2) Срок службы

Как показывает опыт эксплуатации, средний ресурс электромеханических реле составляет 20 лет, но из-за наличия коммутируемой цепи за счёт изгиба металлической пластины срок службы ограничен количеством коммутаций. Срок службы микропроцессорных РЗА определяется технической документацией заводов-изготовителей, который составляет 20 лет, но при этом фактический срок при благоприятных условиях эксплуатации составляет не менее 25 лет.

3) Вероятность неправильных срабатываний

По результатам функционирования устройств РЗА в ЕЭС России в среднем на 100 срабатываний микропроцессорных реле приходится около 1 % ложных срабатываний и отказов, что нельзя сказать об электромеханических реле, у которых по статистике на те же 100 срабатываний приходится около 12 % ложных срабатываний и отказов [7].

Оценка экономической эффективности внедрения систем цифровой защиты строится на повышении надежности новых микропроцессорных блоков, которые имеют уровень отказов ниже, чем у электромеханических аналогов, снижении затрат на обслуживание (блоки имеют систему самодиагностики и вовремя предупреждают о возможной поломке и виде нарушений работы оборудования), и, как следствие, снижение случаев и времени простоев поездов.

В результате проектирования было принято решение выбрать такие модификации микропроцессорных терминалов БМРЗ и ИнТер как: БМРЗ–110, ИнТер–ТСН, ИнТер–ПВА, ИнТер–АБ, ИнТер–3,3, а также выбрать и рассчитать токи уставок релейных защит реализованных на базе ИнТер–3,3. Таким образом в качестве основной защиты была выбрана двусторонняя максимальная токовая защита фидеров контактной сети, действующая в двух направлениях: в прямом – при направлении тока фидера от шин тяговой подстанции в контактную сеть, и обратном – при направлении тока фидера из контактной сети к тяговой подстанции в комплексе с направленной защитой по приращению тока [8, 9], вместе с которой они образуют максимально–импульсную защиту, что позволяет дополнительно обезопасить контактную сеть от перегрева проводов при так называемых «малых» токах к.з. Резервной защитой МИЗа выбрана дистанционная защита фидеров контактной сети и защита по минимальному напряжению основными назначениями которых является резервирование работы МТЗ прямого и обратного направления тока соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сафронова, И. А. Измерительный комплекс средств учета электроэнергии на тяговых подстанциях железных дорог / И. А. Сафронова, О. Н. Козменков // Вестник СамГУПС. 2023. № 3 (61). С. 84–90. EDN DLENCA.
- 2 Автоматизированный контроль и диагностика технического состояния трансформаторов на железнодорожном транспорте / И. А. Ефремова, О. Н. Козменков, И. П. Гордеев, Е. М. Плохов // Вестник транспорта Поволжья. 2020. № 3 (81). С. 21–27. EDN MUODWI.
- 3 Добрынин, Е. В. Оценка влияния погрешности датчиков тока на работу системы контроля параметров работы системы тягового электроснабжения / Е. В. Добрынин, К. В. Богданова, О. В. Табаков // Вестник транспорта Поволжья. 2023. № 1 (97). С. 27–32. EDN PUULXW.
- 4 Табаков, О. В. Применение цифровых защит на ТРАНСФОРМАТОРНЫХ подстанциях / О. В. Табаков, Т. В. Харитонов, А. М. Батищев // Вестник транспорта Поволжья. 2022. № 4 (94). С. 25–31. EDN YDQTIХ.
- 5 ООО «НИИЭФА–ЭНЕРГО»: официальный сайт. URL: <https://www.nfenergo.ru/rus.html> (дата обращения 15.05.2025).
- 6 Добрынин, Е. В. Цифровая подстанция. Метод реализации / Е. В. Добрынин, И. А. Ефремова // Вестник транспорта Поволжья. 2020. № 1 (79). С. 16–22. EDN DMDDMZ.
- 7 АО «Системный оператор Единой энергетической системы»: официальный сайт. URL: <https://www.sos-ops.ru> (дата обращения 15.05.2025).
- 8 Патент № 2161355 С1 Российская Федерация, МПК H02H 3/08, B60M 3/00. Способ защиты тяговой сети постоянного тока по приращению тока: № 99108114/09: заявл. 15.04.1999; опубл. 27.12.2000 / В. Н. Пупынин, В. А. Гречишников; заявитель Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ). EDN ZMUNWP.
- 9 Гречишников, В. А. Модернизация системы защиты смежных питающих линий тяговой сети постоянного тока / В. А. Гречишников, Л. П. Заторская // Электротехника. 2020. № 9. С. 60–64. EDN WEKLDW.

ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ПОДСТАНЦИИ

А. С. Надеждина¹, Л. С. Лабунский²

Аннотация: для рассмотрения была выбрана транзитная распределительная подстанция РП–1, расположена рядом с железной дорогой. Распределительная подстанция РП–1 была установлена и начала работу в 1976 году. На данный момент подстанции 49 лет. С 1980 года, в подстанции не проводилась реконструкция и замена оборудования.

Данная подстанция находится в критическо-аварийном состоянии (рис.1). Техническое состояние подстанции не соответствует нормам и стандартам ОАО РЖД.

У подстанции есть подключения по 1 и 2 секции шин. По 1 секции шин на фидере 2 (Ф2) линия повреждена. Получается, что подстанция питает только собственные нужды и по фидеру 9 (Ф9) другую распределительную подстанцию РП–2. По фидеру 7 (Ф7) происходит резервное питание транзитной распределительной подстанции РП–244.

На 1 и 2 секции шин с высокой стороны на фидерах 4 и 12 (Ф4, Ф12) подключены масляный трансформатор ТМ–630 кВА, также на 1 и 2 секции шин с высокой стороны на фидерах 3 и 10 (Ф3, Ф10) трансформатор напряжения НТМИ.

Трансформаторы и другое оборудование защищены масляными выключателями ВМГ–10 с высокой стороны (6 кВ). На вводах стоят разъединители РВ–10. На трансформаторах напряжения установлены предохранители ПК–6/5.

Внутри здания установлено трансформаторы ТМ–630 кВА, 2 секции шин, разъединители РВ–10, КРУН–СЦБ. Оборудование РП–1 установлено в одноэтажном здании закрытого помещения с ровной крышей

Подстанция РП–1 является автоматизированной, она может функционировать без присутствия персонала передавая сведения о техническом состоянии на компьютер.



Рис. 1. Состояние подстанции

Было определено, что данное оборудование ещё проходит проверки по характеристикам стойкости, но устарело, так как срок службы составляет более 40 лет. Для реконструкции рекомендуется поменять аварийно–критическую распределительную подстанцию РП–1 на современную модульную подстанцию.

1. С увеличением срока эксплуатации оборудование требует больше внимания и частого ремонта. Даже надежные советские электроустановки, рассчитанные на длительный срок службы, со временем выходят из строя, поскольку их реальный ресурс превышен два и даже в пять раз. Это приводит к неизбежным поломкам, перебоям в электроснабжении, остановке производства и дополнительным финансовым затратам на восстановление работоспособности.

2. Износ оборудования ведет к уменьшению его рентабельности. Повышенные расходы на обслуживание и частые простои в конечном итоге приводят к убыткам.

3. Если трансформатор в подстанции выходит из строя без возможности восстановления, приходится заказывать замену, что может занять время [1].

¹ Надеждина Алёна Сергеевна – студент группы СОДП-05, Электротехнический факультет

² Лабунский Леонид Сергеевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Электроснабжение железнодорожного транспорта»

4. Сильно изношенное оборудование повышает вероятность серьезных аварий, последствия которых могут распространиться за пределы подстанции. Так же могут стать угрозой для жизни и здоровья работников, что может повлечь за собой юридическую ответственность и репутационные риски [2].

Рекомендуется к установке «Модуль электротехнических блоков двухэтажный» от компании «ЭЛЕКТРОЩИТ» представлен на рисунке 2 [3]. Данный модуль оснащен на высокой стороне камерами одностороннего обслуживания КСО–СЭЩ–298м, которые собираются по предложениям заказчика. На низкой стороне, в модуль рекомендуется поставить распределительное устройство низкого напряжения РУНН–0,4 кВ. трансформаторы заменены на безопасные в эксплуатации сухие ТС–630 кВА. В таблице указано наименование и количество оборудования, которое будет использоваться в модульной подстанции и однолинейной схеме [4].

Таблица

Обновленное оборудование подстанции РП–1

Наименование	Тип	Количество
Трансформатор	ТС–630	2
Камера одностороннего обслуживания	КСО–СЭЩ–298м	10
	КСО–СЭЩ–298м1	2
Трансформатор напряжения	ЗНОЛ–СЭЩ–6	2
Распределительное устройство низкого напряжения	РУНН–0,4	3



Рис. 2. Модульная двухэтажная подстанция

Предлагаемое расположения оборудования на подстанции показано на рисунке 3.

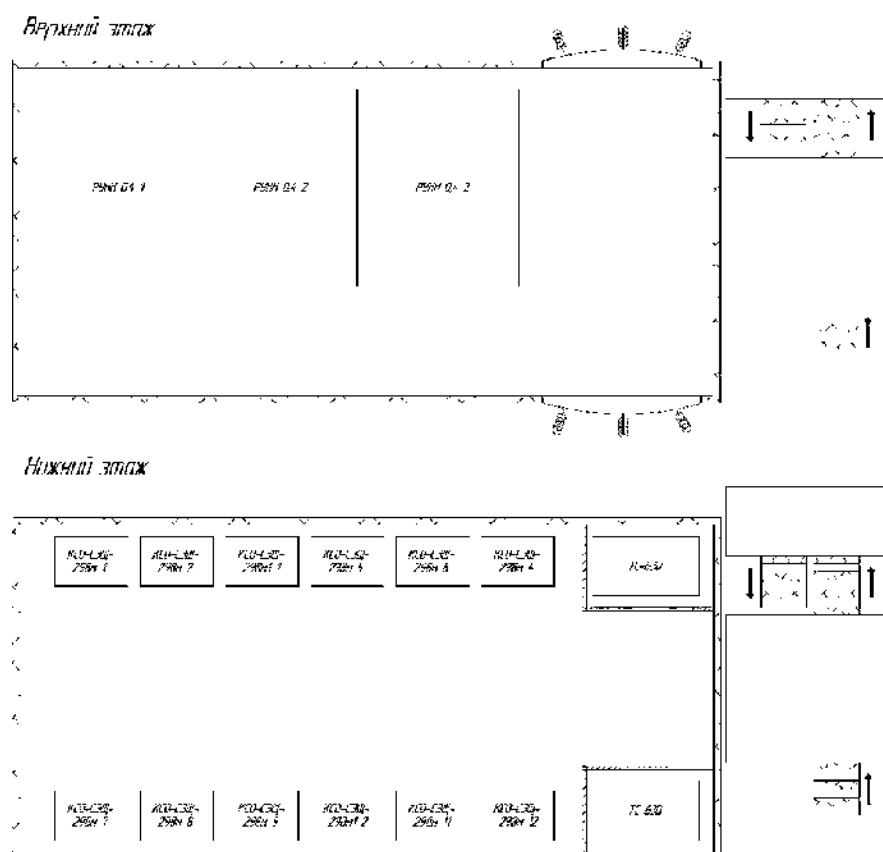


Рис. 3. Схема расположения оборудования на нижнем и верхнем этажах

Проект реконструкции распределительной подстанции РП–1 является эффективным, так как чистый дисконтированный доход положителен в течение нормативного срока окупаемости (10 лет) и составляет 8,2 лет.

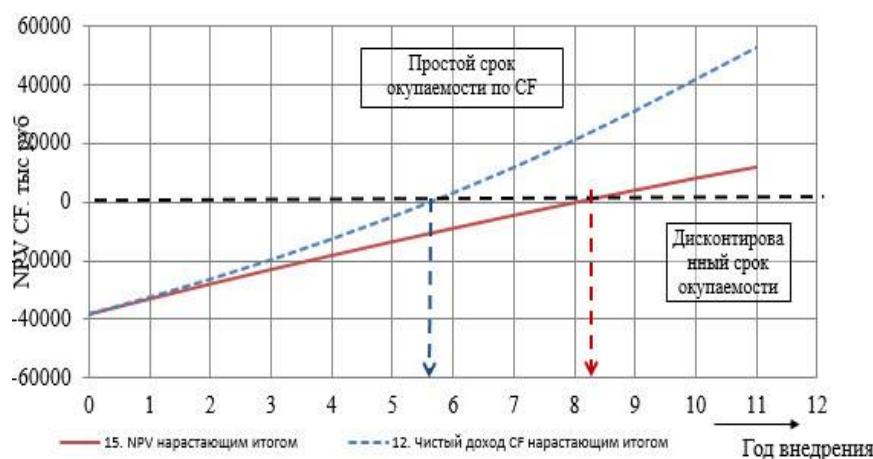


Рис. 4. График изменения показателей чистого и дисконтированного доходов по годам и определения срока окупаемости

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Автоматизированный контроль и диагностика технического состояния трансформаторов на железнодорожном транспорте / И. А. Ефремова, О. Н. Козменков, И. П. Гордеев, Е. М. Плохов // Вестник транспорта Поволжья. 2020. № 3 (81). С. 21–27. EDN MUODWI.
- 2 Гаранин, М. А. Управление ресурсами, рисками и надежностью на объектах электроснабжения / М. А. Гаранин, С. А. Блинкова // Проблемы безопасности на транспорте : Материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию Белорусской железной дороги. В 2-х частях, Гомель, 24–25 ноября 2022 года / Под общей редакцией Ю.И. Кулаженко. Том Часть 1. Гомель: Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», 2022. С. 95–96. EDN OPWGAI.

- 3 Электрощит Самара : официальный сайт. URL: <https://www.electroshield.ru/catalog/resheniya-v-module/meb-2-0-dvukhetazhnye-moduli-elektrotekhnicheskikh-blokov/> (дата обращения 15.05.2025).
- 4 ООО «Техэкспо» : официальный сайт. URL: <https://tech-expo.ru/runn/> (дата обращения 15.05.2025).
- 5 Практикум по дисциплине «Инновации и ресурсосберегающие технологии в системах обеспечения движения поездов» для обучающихся по специальности 23.05.05 «Системы обеспечения движения поездов», специализации «Электроснабжение железных дорог» очной и заочной формы обучения / составитель: Митрофанов А. Н., Гаранин М.А. Самара: ПривГУПС, 2024. 53 с.

ЦИФРОВАЯ ТЯГОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ

А. В. Тарасенко¹, О. В. Табаков²

С развитием новых и усовершенствованных технологий в электроснабжении, появляется возможность автоматизировать процессы на тяговых подстанциях, ранее которые требовали наличия высококвалифицированного персонала, большие трудовые и денежные затраты. Также стоит отметить, что многие нынешние тяговые подстанции морально устарели, поскольку содержать оборудование, установленное еще в середине прошлого века, что значительно влияет на надежность и бесперебойность работы системы тягового электроснабжения, при переходе на цифровизацию, большая часть такого оборудования заменяется, либо появляется возможность отслеживать его состояние, быстро реагировать и устранять неисправности.

По определению, Цифровая подстанция (ЦПС) – это подстанция с высоким уровнем автоматизации, в которой практически все процессы информационного обмена между элементами ПС, а также управление работой ПС осуществляются в цифровом виде на основе стандартов серии МЭК 61850.

Несмотря на преимущества таких подстанций, полная реализация «Цифровой тяговой подстанций», пока что невозможна. Ограничивающим фактором является отсутствие комплексного программного обеспечения способное управлять всем установленным оборудованием, и второй немалым важным аспектом заключается в том, что одна «цифровая подстанция» не может существовать без подобных себе других таких же подстанций. Поэтому, на данный момент времени, можно начать с модернизации старого оборудования и установить системы мониторинга силового оборудования [1, 2].

В первую очередь, замене подлежат старые аналоговые трансформаторы тока и напряжения, на современный цифровой комбинированный трансформатор тока и напряжения (ЦТТН). Такой трансформатор имеет принцип работы, основанный на законе полного тока, электромагнитной индукции и законе Ома.



Рис. 1. Цифровой комбинированный трансформатор тока и напряжения (ЦТТН)

Отличительной чертой такого ЦТТН является наличие электрического блока, где происходит обработка измеренных величин и преобразования в цифровой сигнал, для передачи в системы релейной защиты и автоматики, а также системы коммерческого учета электроэнергии.

¹ Тарасенко Артём Владимирович – студент группы СОДП-25у, Электротехнический факультет

² Табаков Олег Валентинович – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Электроснабжение железнодорожного транспорта»

гии. Передача данных может организовываться по оптическим кабелям в соответствии с протоколом IEC 61850–9–2 или по медным кабелям в виде аналогового сигнала.

Еще одним немаловажным оборудованием любой тяговой подстанции является релейная защита и автоматику (РЗА). С помощью цифрового трансформатора появляется возможность внедрить в систему блок микропроцессорный релейной защиты БМРЗ–ТПСВ–10–М–01. Данный блок производится специально для применения в электроустановках электрооборудования железнодорожного транспорта. Установка такого блока позволяет заменить старые реле и объединить всю РЗА в одном месте, что значительно облегчает работу персонала.

Следящим шагом, предлагается установить систему мониторинга температуры BDM/T+WDM/TI. В основе работы такой системы лежат беспроводные датчики температуры, которые могут устанавливаться на любые токоведущие части электроустановок. Такая система позволяет как контролировать температуру, так и величину протекающего тока.

Сердцем любой тяговой подстанции, является силовой трансформатор, выход которого из работы, приводит к большим финансовым потерям. Для контроля состояния масла трансформатора, можно ввести прибор диагностического мониторинга силовых трансформаторов TDGM–0,4. С его помощью можно производить анализ масла, его состояние, контролировать температуру и уровень, а также влагосодержание. Прибор монтируется в верхнюю крышку бака трансформатора, что облегчает его установку и обслуживание.

Также важно помимо контроля масла, контролировать состояния изоляции обмотки трансформатора, так и другого оборудования подстанций. «ADM–9» – система контроля изоляции высоковольтного оборудования по частичным разрядам при помощи акустических датчиков, как раз позволять производить такой анализ. Акустические датчики системы «ADM–9» устанавливаются непосредственно на поверхности контролируемого оборудования, максимально близко к контролируемой зоне изоляции. Обычно, это заземленные или изолированные поверхности, корпуса оборудования, на которых отсутствует высокий потенциал.

Верхним уровнем цифровой подстанции является создание единой информационной системы, включающей предиктивную аналитику на базе цифрового двойника и контролирующую всю энергосеть с прогнозом состояния оборудования [3, 4]. Это позволяет перейти к автоматизированной диагностике и от плановых ремонтов к ремонту по состоянию.

На данный момент времени, уже существует «Цифровая тяговая подстанция» на станции Инская. Стоит отметить, что вся подстанция работает на отечественном оборудовании и программном обеспечении. Персонал такой подстанций, уже оценили, на сколько это удобно, когда информация, поступает в одно место и автоматически составляет отчеты о работе всех систем, что исключает ведение бумажной документации. Такие подстанции имеют очень большой потенциал развития, поскольку имеется возможность постоянной модернизации, с ростом развития технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Добрынин, Е. В. Цифровая подстанция. Метод реализации / Е. В. Добрынин, И. А. Ефремова // Вестник транспорта Поволжья. 2020. № 1 (79). С. 16–22. EDN DMDDMZ.
- 2 Цифровая линия электропередач / Е. В. Добрынин, С. А. Блинкова, А. М. Батищев, М. А. Гузитаева // Нефть. Газ. Новации. 2021. № 9 (250). С. 84–88. EDN SFYUHT.
- 3 Блинкова, С. А. Единое информационное пространство в системе электроснабжения / С. А. Блинкова, М. А. Гаранин, А. В. Скольский // Вестник транспорта Поволжья. 2023. № 3 (99). С. 7–12. EDN DUTFVY.
- 4 Митрофанов, А. Н. Построение моделей цифровых двойников электротехнической инфраструктуры железных дорог для оценки ресурса её нагрузочной способности / А. Н. Митрофанов, М. А. Гаранин, С. А. Окладов // Электротехника. 2023. № 10. С. 2–7. DOI 10.53891/00135860_2023_10_2. EDN UFWXMQ.

ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ПО ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

А. В. Ивлева¹, В. А. Засов²

Введение. Техническое состояние объектов определяется многими параметрами. Одним из таких параметров является усталостная прочность (усталостная повреждаемость). Усталостная прочность – это способность материалов и конструкций выдерживать многократные циклические нагрузки без разрушения.

Оценка усталостной прочности изделий при транспортировке по железной дороге является актуальной задачей, т.к. условия транспортировки могут существенно влиять на механические свойства материалов и конструкции изделий. В процессе перевозки изделия подвергаются различным динамическим вертикальным, продольным и поперечным нагрузками, связанными с движением вагонов и особенностями геометрии рельсовых путей [1].

Существует несколько известных методов для оценки усталостной прочности изделий при железнодорожной транспортировке.

Это методы численного моделирования, например, метод конечных элементов [2], который позволяют проводить анализ напряжений и деформаций материалов и конструкций, возникающих при различных видах нагрузки. Это может быть полезно для прогнозирования потенциальных мест появления усталостных трещин и оценки срока службы изделий.

Другим методом является использование натурных экспериментов, таких как модельные испытания и статические/динамические опыты, которые проводятся на реальных изделиях. Эти испытания могут включать приложение нагрузок, аналогичных тем, которые возникают в процессе транспортировки, и используются для определения наиболее нагружаемых критических узлов и оценки долговечности конструкций [2, 3].

В дополнение к численным и экспериментальным методам целесообразно применять системы мониторинга технического состояния изделий во время транспортировки. Это может включать установку датчиков для отслеживания усилий, деформаций и других важных параметров в реальном времени. Системы мониторинга [4] позволяют записывать параметры динамических нагрузок при транспортировке по железной дороге для дальнейшего анализа технического состояния изделий, определения текущей и прогнозируемой усталостной прочности.

В работе предлагается система обработки результатов мониторинга, отличающаяся от известных систем возможностью анализировать и прогнозировать усталостную прочность изделий. Параметр «усталостная прочность» измеряется количеством циклов предельной нагрузки. Рассмотрим подробнее понятие «цикл предельной нагрузки».

В процессе транспортировки, эксплуатации материал и конструкции механические объекты подвергаются воздействию сил разных векторов направленности. Эти силы (нагрузки) классифицируются на разрушительные и предельные.

Разрушительные нагрузки приводят к потере работоспособности объектов (в дальнейшем, изделий). Материал и конструкция изделий разрушаются и становятся непригодными для дальнейшей эксплуатации. Результаты воздействия разрушительных нагрузок несложно определить, они очевидны и наблюдаемы обслуживающим персоналом.

Предельные нагрузки внешне не проявляются, они не разрушают изделия. Такие нагрузки приводят к деформации материалов и конструкции в пределах упругости, т.е. после прекращения воздействия предельных нагрузок материалы и конструкции изделий возвращаются в исходное состояние.

Влияние на техническое состояние изделий при воздействии предельных нагрузок проявляются накапливающим эффектом, т.е. в «запоминании» материалами и конструкциями изделий результатов воздействия сил и их суммировании.

¹ Ивлева Алина Владимировна – студент группы ИВТб-11, ЭТФ

² Засов Валерий Анатольевич – к.т.н., доцент кафедры «Цифровые технологии»

Если результат суммирования предельных нагрузок превышает определенный предел, изделие разрушается. Другими словами, если количество циклов предельных нагрузок превышает определенный предел, изделие разрушается. Таким образом, важно и актуально измерять количество циклов предельных нагрузок для определения текущей усталостной прочности изделий.

Количество циклов предельных нагрузок определяется изготовителем изделий. Усталостная прочность механических конструкций из-за ударных воздействий определяется с использованием ряда методов и включает анализ материалов, конструкций и использовании положений теории усталости [2, 3].

Устойчивость к усталости и ударным нагрузкам зависит от таких параметров, как предел прочности, предел текучести, модуль упругости и вязкость [2, 3], которые позволяют определить, как материал будет реагировать на циклические нагрузки, особенно в условиях ударного воздействия. Также важно изучить геометрию конструкции изделий и характер ее загрузки. Ударные нагрузки могут вызывать локализованные напряжения, которые значительно превышают статические значения. В этом полезно использовать методы конечных элементов, которые позволяют произвести детальный анализ распределения напряжений и деформаций в конструкции при различных сценариях ударного воздействия.

Анализ усталостной прочности также включает в себя применение эмпирических данных, таких как диаграммы усталостной прочности для различных материалов. Они помогают определить, при какой степени циклической нагрузки материал может начать разрушаться после определенного количества циклов. При этом учитываются параметры, как амплитуда нагрузки, средняя нагрузка и количество циклов до разрушения.

Ударные нагрузки могут сильно изменять поведение материалов, поэтому часто применяют дополнительные методы, такие как динамическое тестирование или испытания с использованием импульсных нагрузок, чтобы получить более точные данные о поведении конструкции в условиях реальных эксплуатационных нагрузок.

Приведенные выше методы позволяют изготовителям изделий определить предельную величину усталостной прочности, которая определяется числом циклов предельных нагрузок. Это позволяет минимизировать риск возникновения усталостных повреждений и прогнозировать срок службы изделий.

Известные системы мониторинга позволяют измерять количество циклов предельных нагрузок ($C_{цикл}$) и определить текущую усталостную прочность ($УП_T$) изделий, т.е.

$$УП_T = K \cdot C_{цикл}$$

Зная определенную изготовителем изделия предельную усталостную прочность $УП_{\Pi}$ (кривые усталости), можно вычислить остаточную усталостную прочность $УП_O$, т.е. прогнозировать остаточный ресурс работы изделия:

$$УП_{\Pi} - УП_T = УП_O$$

Дальнейшие исследования специалистов [2, 3] по усталостной прочности показали, что для более точной оценки текущей усталостной прочности необходимо учитывать не только количество циклов предельных нагрузок, но и количество циклов нагрузок, величина которых меньше предельных, которые также влияют на усталостную прочность.

Эти циклы нагрузки определим как циклы нагрузки уровней 1, 2, ..., K, ($C_{цикл1}$, $C_{цикл2}$, ..., $C_{циклK}$), а их значимость определим значениями весовых коэффициентов $B_{1,2,...,K}$, которые задаются изготовителями изделий на основе проведенных натурных испытаний. Весовой коэффициент предельной нагрузки равен 1, а значения весовых коэффициентов $B_{1,2,...,K} < 1$.

Тогда текущую усталостную прочность определим следующим образом

$$УП_{TT} = K \cdot (C_{цикл1} \cdot B_1 + C_{цикл2} \cdot B_2 + \dots + C_{циклK} \cdot B_K + C_{цикл})$$

и более точно прогнозировать остаточный ресурс работы изделия:

$$УП_{\Pi} - УП_{TT} = УП_{O}.$$

В предлагаемой системе мониторинга используются три уровня величин измерения нагрузок (воздействий), что позволяет по оценкам специалистов уменьшить погрешность измерения текущей усталостной прочности на 10–15 % и, соответственно, точность прогнозирования усталостной прочности изделий. Пример выходной формы результатов обработки мониторинга приведен на рис. 1.

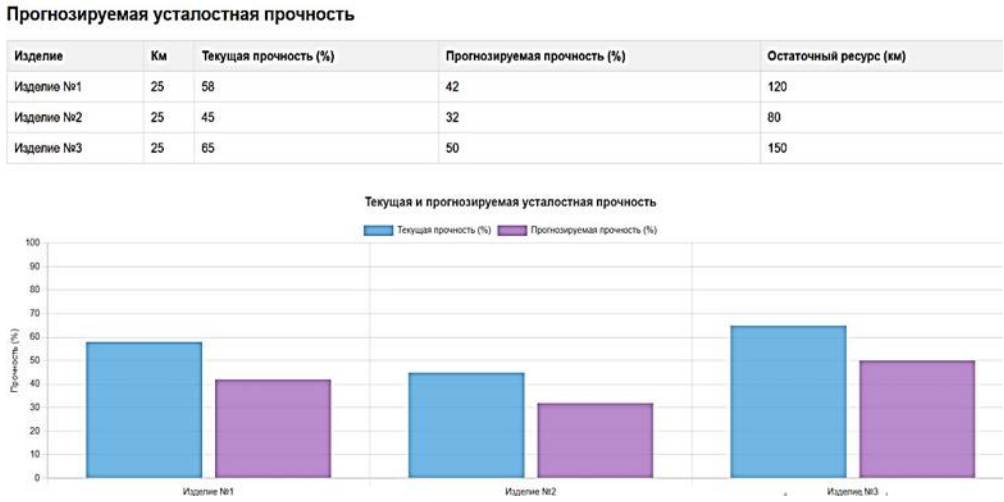


Рис.1. Результаты оценки текущей и прогнозируемой усталостной прочности

При обработке результатов мониторинга актуальной задачей не только является определение величин амплитудных и энергетических параметров динамических воздействий, но и измерение форм временных реализаций нагрузок, подавление помех измерений. Для решения этих задач предлагается использовать адаптивные методы восстановления и идентификации сигналов [5].

Оценка текущей и прогнозируемой усталостной прочности позволяет повысить надежность и долговечность транспортируемых изделий, а также качество услуг железнодорожного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Перспективные технологии эффективной эксплуатации подвижного состава и железнодорожного пути / А.В. Авсиевич, Н.В. Чертыковцева, В.А. Засов, Д.В. Овчинников, В.В. Авсиевич. Самара: СамГУПС, 2021. 175 с.
- 2 Хажинский Г.М. Критерии усталостной и длительной прочности энергетического оборудования трубопроводов. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 264 с.
- 3 Мурашов, А.А. Изучение процессов усталостного и коррозионно-усталостного разрушения металлов и сплавов – Нижний Новгород: ННГУ, 2022. 53 с.
- 4 Засов, В.А. Система мониторинга динамических воздействий на перевозимые по железной дороге грузы / В.А. Засов. Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. Самара: СамГУПС, 2024. С. 102–105.
- 5 Буштрук, Т.Н. Перспективные направления моделирования и идентификации динамических систем / Т.Н. Буштрук, В.А. Засов В.А. Самара: СамГУПС, 2019. 158 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ УГЛЕПОГРУЗОЧНЫМ КОМПЛЕКСОМ ЗАГРУЗКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОЛУВАГОНОВ

Н. И. Рамазин¹, И. Л. Сандлер²

Введение. В настоящее время невозможно представить современное производство без использования передовых цифровых автоматизированных систем управления [1, 2], так как выполнение больших объемов работ требует оптимизации и ускорения технологических процессов. Согласно стратегическим приоритетам и перспективам инновационного и научно-технологического развития холдинга «РЖД» [3], переход к передовым цифровым, аппаратно–программным, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным комплексам является актуальным направлением.

В железнодорожной сфере [4] важнейшим этапом является перевозка грузов в вагонах. Начальный этап транспортировки – погрузка грузов в железнодорожные вагоны. Существующие системы для выполнения этой задачи имеют ряд недостатков: значительное время загрузки и высокие затраты ресурсов, связанные с отсутствием автоматизации; невозможностью постоянного контроля процесса, что затрудняет остановку работы в случае аварийных ситуаций.

Целью данной работы является повышение функциональных возможностей при одновременной минимизация обслуживающего персонала путем разработки автоматизированной системы диспетчеризации и управления погрузочным комплексом в железнодорожные полувагоны.

Основная часть. В настоящем исследовании рассматривается разработка экранной формы для оператора в составе АСУ ТП, реализующей функции управления процессом бункерной загрузки сыпучих материалов (угля). Основной задачей разработки является создание эффективного интерфейса визуализации и взаимодействия с системой, обеспечивающего контроль, безопасность и оперативное реагирование на изменения параметров технологического процесса.

Центральным элементом человеко-машинного интерфейса является экранная форма (мнемосхема), которая служит инструментом визуализации текущего состояния технологического оборудования и параметров загрузки. Благодаря интеграции мнемосхемы в структуру АСУ ТП, операторы получают возможность в реальном времени отслеживать и корректировать процесс, а также своевременно реагировать на отклонения от нормальных условий работы.

Разработанная экранная форма (мнемосхема), представленная на рис. 1, реализована в среде Simple Scada 2 [5–7], позволяет осуществлять контроль над параметрами загрузки, скорости подачи материала, состояния исполнительных механизмов и уровня заполнения бункеров. При возникновении отклонений система автоматически генерирует предупреждающие сигналы и предоставляет оператору рекомендации по устранению возможных неисправностей или корректировке режима работы.

Функциональные возможности интерфейса направлены на обеспечение стабильности технологического процесса, снижение риска возникновения аварийных ситуаций и повышение общей надежности системы управления.

Значимой особенностью разработанной экранной формы является возможность удалённого мониторинга и управления технологическим процессом через удобный пользовательский интерфейс, что обеспечивает оперативное реагирование операторов на изменения параметров загрузки и позволяет выполнять настройку оборудования в режиме реального времени. Кроме того, система поддерживает функцию формирования отчетов и архивирования данных (логов), что способствует более глубокому анализу производственных процессов и содействует планированию мероприятий по повышению эффективности производства.

¹ Рамазин Наиль Ильдарович – студент группы ИВТб-11, ЭТФ

² Сандлер Илья Львович – старший преподаватель кафедры «Цифровые технологии»

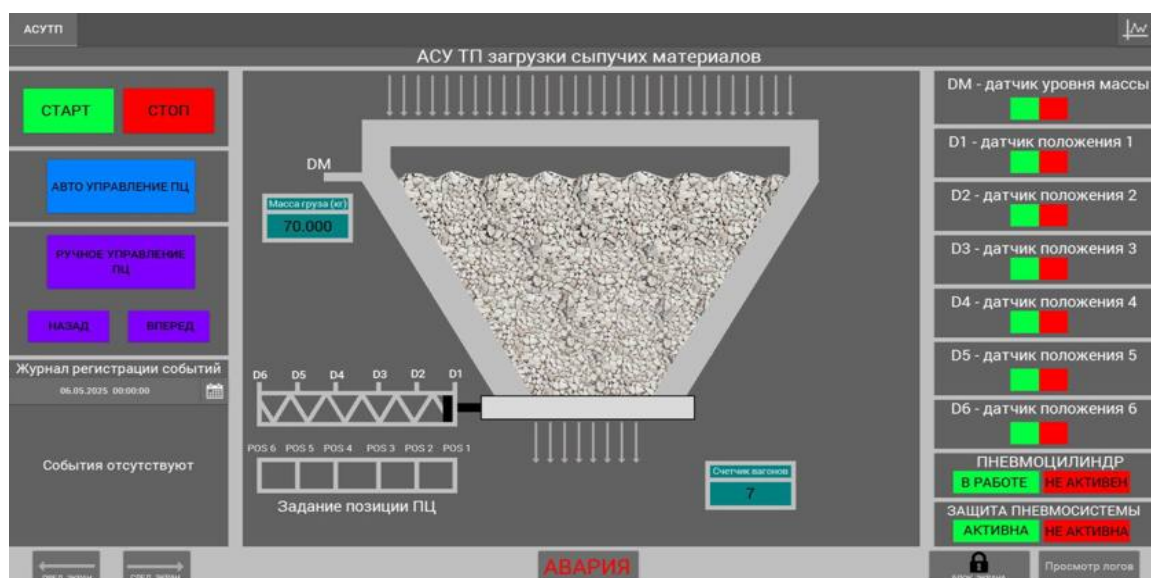


Рис. 1. Экранная форма автоматизированной системы диспетчеризации и управления углепогрузочным комплексом загрузки железнодорожных полувагонов

Заключение. В ходе проведённого исследования разработана и реализована экранная форма для оператора в составе автоматизированной системы управления технологическим процессом бункерной загрузки сыпучих материалов при диспетчеризации и управления углепогрузочным комплексом загрузки железнодорожных полувагонов, что соответствует современным требованиям цифровизации и автоматизации производственных процессов в железнодорожной отрасли. Предложенное решение обеспечивает эффективный контроль и управление процессом загрузки, минимизирует участие обслуживающего персонала, повышает безопасность и надежность работы оборудования в целом. Возможности удалённого мониторинга и оперативной настройки параметров способствуют быстрому реагированию на изменения технологических условий, а функция формирования отчетов и хранения данных обеспечивает анализ и оптимизацию производственного процесса. Таким образом, разработанная система вносит значительный вклад в повышение эффективности перевозочного процесса, что соответствует стратегическим задачам развития транспортного комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Коломиец, А.С. Актуальность применения автоматных моделей в проектировании имитационных тренажеров для обучения операторов АСУ ТП / А.С. Коломиец // Наука и современность. 2010. № 3–2. С. 152–157. EDN RTBYFD.
- 2 Соболев, А.С. Актуальность создания интегрированных систем управления на предприятии / А.С. Соболев, Е.Л. Вайтекунене // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2010. Т. 1, № 6. С. 441–442. EDN ТВІСРТ.
- 3 Стратегия научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (БЕЛАЯ КНИГА). Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 17.04.2018 г. N 769/р.
- 4 Розенберг, И.Н. Разработка платформы цифровых двойников инфраструктурных объектов / И.Н. Розенберг, А.Н. Шабельников, И.А. Ольгейзер // Железнодорожный транспорт. 2019. № 9. С. 26–29. EDN TNIHQ5.
- 5 Simple-Scada – простая, российская SCADA-система URL: <https://simple-scada.com/> (дата обращения: 06.03.2025).
- 6 Добромыслова, А.А. Разработка системы диспетчеризации процесса изготовления резины в программе Simple-Scada / А.А. Добромыслова, О.М. Власенко // Сборник научных трудов кафедры автоматизации и промышленной электроники. Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», 2021. С. 11–16. EDN RTQOST.
- 7 Бердикулова, Д.Ф. Создание мнемосхемы для винтового компрессора с использованием контроллера MAM6080 в simple-SCADA / Д.Ф. Бердикулова // Большая студенческая конференция: сборник статей IX Международной научно-практической конференции. В 2 ч., Пенза, 05 мая 2024 года. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. С. 50–57. EDN HIYKEX.

РАЗРАБОТКА АРМ ДЛЯ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ

Н. А. Манаськин¹, И. Л. Сандлер²

Введение. В обеспечении эффективной работы железнодорожного транспорта при обслуживании и ремонте полувагонов, а в частности, замене или обслуживании тележек колесных пар, грузоподъемные механизмы находят широкое применение, значительно упрощая и ускоряя процесс ввода в эксплуатацию полувагонов после ремонта [1, 2]. Замена колесных пар и тележек требует точности и надежности управляющей системы, а также соответствующего оборудования для безопасного выполнения работ.

Внедрение современных технологий для оптимизации работы и повышения безопасности является стратегическим приоритетом и перспективой инновационного и научно-технологического развития холдинга «РЖД» [3], а в частности, переход к передовым цифровым, аппаратно-программным, интеллектуальным производственным технологиям, что, несомненно, является актуальной задачей.

Одним из таких цифровых технических решений является разработка автоматизированных рабочих мест (АРМ) для удаленного управления грузоподъемными механизмами. АРМ для управления грузоподъемными механизмами позволяет операторам контролировать и управлять работой подъемников и другого оборудования из удаленного центра, что значительно улучшает процесс обслуживания, снижает риски аварийных ситуаций и повышает эффективность работы. Целью данной работы является расширение функциональных возможностей и повышение эффективности, существующих решений, посредством разработки автоматизированного рабочего места для удаленного управления грузоподъемными механизмами.

Основная часть. Автоматизированное рабочее место оператора для управления грузоподъемными механизмами включает в себя интеграцию интеллектуальных систем [4], которые отслеживают состояние оборудования, автоматически регулируют параметры работы и своевременно информируют оператора о возможных неисправностях, а также отклонениях от нормальных рабочих условий. Предлагаемая система также может использовать данные с датчиков и камер для мониторинга состояния подъемных механизмов, что позволяет прогнозировать возможные поломки и проводить профилактические работы до возникновения аварийных ситуаций.

Разработанная экранная форма АРМа оператора, представленная на рисунке 1, выполнена на базе программного обеспечения Simple Scada 2 [5, 6], позволяет эффективно визуализировать работу грузоподъемных механизмов, обеспечивая оператору полный контроль над состоянием оборудования в реальном времени. Мнемосхема отображает параметры работы механизмов, такие как действие нагрузки, скорость подъема, состояние датчиков, уровни температуры и давления, а также сигнализирует о возможных неисправностях или отклонениях от нормы, что в свою очередь позволяет оператору, оперативно реагировать на изменения в работе оборудования, устранять неполадки и минимизировать время простоя.

Разработанная экранная форма АРМа оператора поддерживает интерактивное управление, позволяя не только мониторить состояние механизмов, но и принимать необходимые действия для регулировки работы оборудования. Простота интерфейса и удобство работы с системой обеспечивают быстрое освоение и высокую продуктивность при эксплуатации.

Основные функции, реализованные в экранной форме, описаны в таблице.

¹ Манаськин Николай Александрович – студент группы ИВТб-11, ЭТФ

² Сандлер Илья Львович – старший преподаватель кафедры «Цифровые технологии»

Функции экранной формы АРМа оператора

№п/п	Наименование функции	Краткое описание
1	Отображение текущего состояния механизмов	Визуализируются данные о работе подъемных механизмов в реальном времени, включая положение, нагрузку, температуру и другие параметры
2	Сигнализация о неисправностях	Система автоматически предупреждает оператора о возможных сбоях или аномалиях в работе, что позволяет оперативно принимать меры по устранению неисправностей
3	Управление механизмами	Возможность дистанционного управления различными подъемными устройствами, включая их настройку и контроль работы
4	Историческая информация и анализ данных	Система сохраняет информацию о предыдущих операциях и помогает анализировать данные для предсказания возможных поломок и планирования технического обслуживания

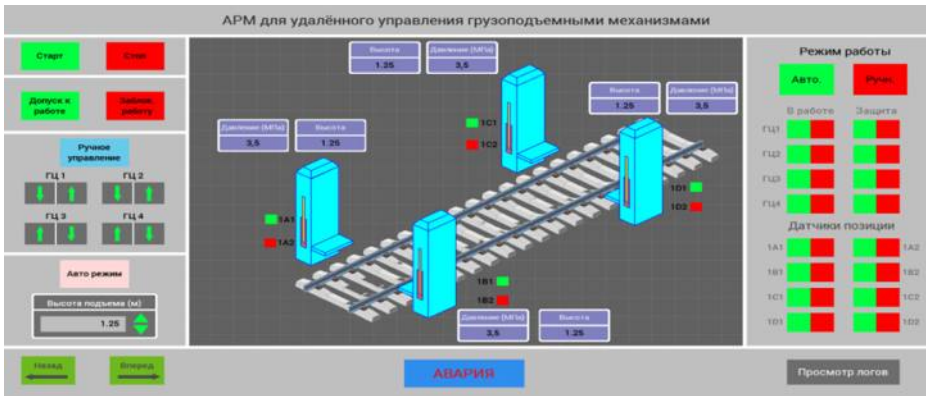


Рис. 1. Экранная форма АРМа оператора для удаленного управления грузоподъемными механизмами

Заключение. Внедрение автоматизированных рабочих мест (АРМ) для удаленного управления грузоподъемными механизмами, реализованные с использованием современных цифровых технологий, существенно улучшает эффективность и безопасность процессов обслуживания и ремонта железнодорожного транспорта.

Разработанная экранная форма (мнемосхема), реализованная в среде Simple Scada 2, позволяет операторам не только мониторить работу механизмов в реальном времени, но и принимать оперативные решения для управления оборудованием, прогнозирования неисправностей и минимизации рисков.

Использование предлагаемой экранной формы АРМа оператора позволяет снизить влияние человеческого фактора, повысить точность управления, а также ускорить процессы обслуживания, что способствует увеличению пропускной способности железнодорожного транспорта и уменьшению времени простоя подвижного состава.

Современные цифровые решения, такие как АРМ, интегрированные с интеллектуальными системами мониторинга и управления, предоставляют новые возможности для повышения надежности, эффективности и безопасности работы железнодорожных механизмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Коломиец А.С. Актуальность применения автоматных моделей в проектировании имитационных тренажеров для обучения операторов АСУ ТП // Наука и современность. 2010. № 3–2. С. 152–157. EDN RTBYFD.
- 2 Соболев А.С., Вайтекунене Е.Л. Актуальность создания интегрированных систем управления на предприятии // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2010. Т. 1, № 6. С. 441–442. EDN ТВICPT.
- 3 Стратегия научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (БЕЛАЯ КНИГА). Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 17.04.2018 г. N 769/р.
- 4 Розенберг И.Н., Шабельников А.Н., Ольгейзер И.А. Разработка платформы цифровых двойников инфраструктурных объектов // Железнодорожный транспорт. 2019. № 9. С. 26–29. EDN TNIHQ5.
- 5 Simple-Scada – простая, российская SCADA-система URL: <https://simple-scada.com/> (дата обращения: 06.03.2025).
- 6 Уфимцев А.В., Филипас А.А. SCADA-система автоматического управления насосами гидропневматической установки // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. 2024. № 1–1. С. 342–344. EDN DXCSGO.

РАЗРАБОТКА КОНФИГУРАЦИИ НА ПЛАТФОРМЕ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ ДЛЯ УЧЁТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТАЖЁРОВ

Е. А. Демичева¹, В. А. Фатеев²

Введение. В условиях современного рынка многие компании заинтересованы в подготовке молодых специалистов. Для организации стажировок создаются специальные образовательные программы, однако без цифровых инструментов становится сложно отслеживать их результативность. Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения эффективности работы с молодыми кадрами и оптимизации процессов контроля их деятельности.

Основная часть. Целью данной работы является разработка конфигурации на платформе 1С:Предприятие, обеспечивающей учёт успеваемости и занятости стажёров. Для достижения этой цели были определены следующие задачи: отслеживание посещаемости и выполнения заданий стажёров, автоматизация учёта сертификатов, формирование аналитических отчётов.

В качестве материалов использовались данные о процессе прохождения стажировки в компании «РС-ИНФО», работающей в сфере автоматизации бизнес-процессов. Методами исследования стали проектирование структуры данных, разработка UML и ER-диаграмм, а также создание документов и отчётов в рамках платформы 1С:Предприятие.

Компания «РС-ИНФО» специализируется на автоматизации бизнес-процессов, в том числе на платформе 1С. Кроме того, компания ведет активную политику по подготовке кадров. Организуются курсы и стажировки, в рамках которых молодые специалисты могут повышать свой профессиональный уровень. В связи с этим, возникла потребность в простой и понятной системе контроля за деятельностью стажёров.

Ключевые направления учёта

Для эффективного контроля стажёров были определены четыре основных процесса:

- учёт полученных сертификатов;
- отслеживание посещаемости;
- постановка и учёт выполнения заданий;
- учёт фактически затраченного времени.

На основе этих данных система должна формировать три типа аналитических отчёта.

- Отчет по выполненным работам.
- Отчет по заданиям.
- Отчет по сертификатам.

Порядок формирования заданий и отчетов представлен на рис. 1.

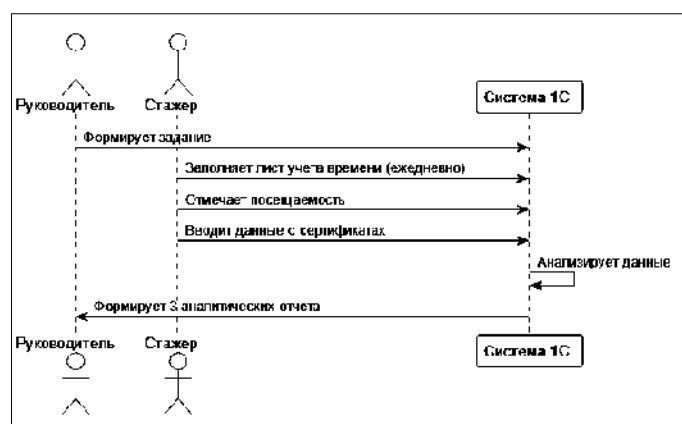


Рис. 1. Последовательность формирования заданий и отчетов

¹ Демичева Екатерина Александровна – студент группы ИСТб-11, ЭТФ

² Фатеев Владимир Алексеевич – к.т.н., доцент кафедры «Цифровые технологии»

Структура конфигурации

Разработанная система включает семь основных сущностей:

- Стажёр – основная таблица с персональными данными;
- Дисциплина – направления подготовки стажёров;
- Задание – описание задач, выполняемых стажёрами;
- Сертификат – сведения о пройденных курсах и результатах;
- Табель посещаемости – фиксирует явку и отработанные часы;
- Вид графика – справочник смен и расписаний;
- Лист учёта рабочего времени – отражает выполнение заданий с указанием дат и времени.

Связи между таблицами обеспечивают целостность данных: например, сертификаты и табели связаны с конкретными стажёрами, а задания – с дисциплинами (рис. 2).

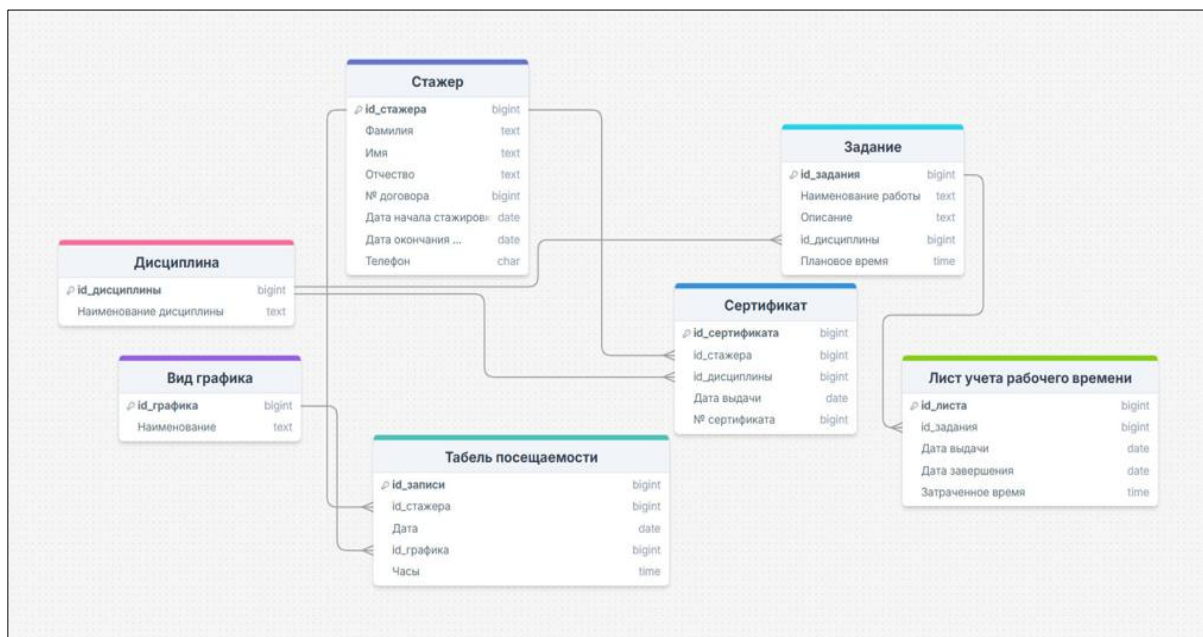


Рис. 2. ER диаграмма связи данных

Документы системы

Для реализации ключевых процессов разработаны следующие документы:

- Сертификаты – для учёта достижений стажёров;
- Табель – для фиксации посещаемости;
- Задание – для планирования работ;
- Лист учёта рабочего времени – для ежедневной регистрации прогресса по заданиям.

Отчёты

Система позволяет формировать отчёты, которые дают возможность:

- отслеживать полученные стажёром сертификаты;
- контролировать выполнение заданий;
- анализировать фактическое время выполнения задач (рис. 3).

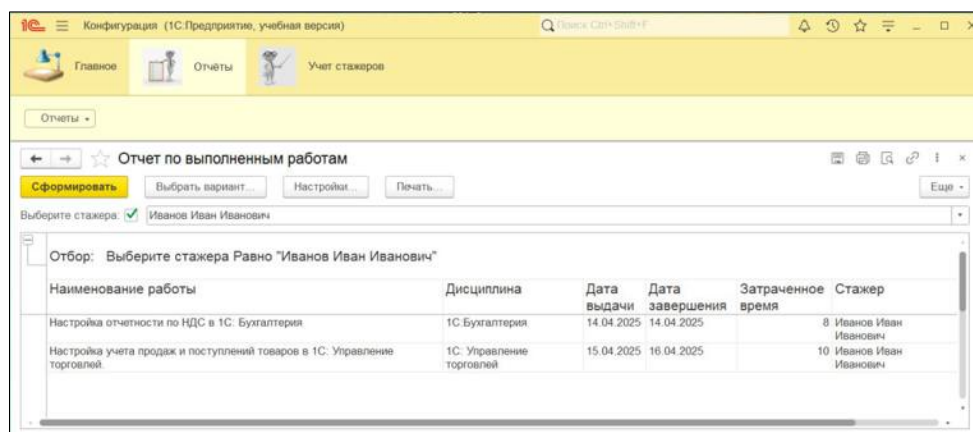


Рис. 3. Пример отчета «По выполненным работам»

Процесс работы конфигурации

Работа системы организована следующим образом:

1. Руководитель формирует задание для стажёра.
2. Стажёр выполняет задание и ежедневно заполняет лист учёта рабочего времени.
3. В конце недели автоматически формируются отчёты для анализа эффективности работы (рис. 4).

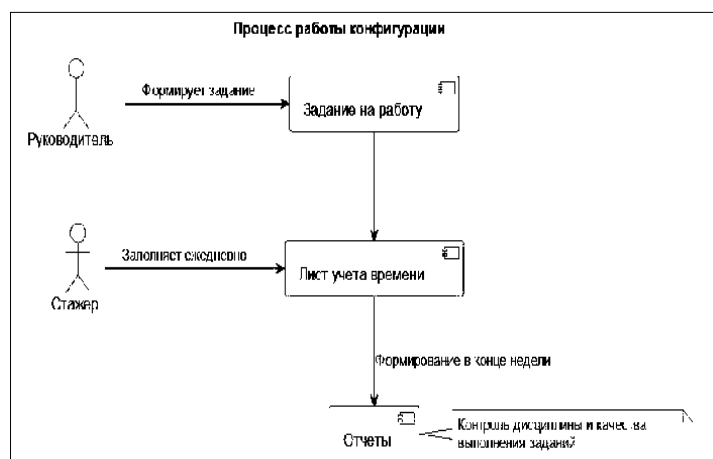


Рис. 4. Процесс работы конфигурации

Такая система позволит руководителям оперативно контролировать процесс стажировки и оценивать результаты.

Заключение. Созданная конфигурация на платформе 1С:Предприятие позволит автоматизировать процессы учёта стажёров, быстро получать аналитику по их работе и экономить рабочее время сотрудников.

Разработка планируется для внедрения в компанию «РС–ИНФО». В дальнейшем возможно развитие программного продукта по следующим перспективным направлениям: добавление личных кабинетов для стажёров, интеграция с образовательными платформами и расширение системы мотивации.

Таким образом, реализация такой конфигурации является актуальным и перспективным направлением в рамках цифровизации управления программами стажировок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 1С:Предприятие 8.3. Практическое пособие разработчика. М., 2022.
- 2 Иванов А.А. Автоматизация кадрового учёта. СПб, 2021.
- 3 Петров И.Б. Управление персоналом с использованием цифровых технологий. М., 2023.
- 4 Кузнецов В.Г. Разработка информационных систем на платформе 1С:Предприятие. СПб., 2021.
- 5 Сидорова Н.П. Цифровизация бизнес-процессов в малом и среднем бизнесе. М., 2022.
- 6 1С:Руководство администратора и разработчика. Официальная документация. М., 2024.

АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ МАЛОЗАМЕТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ В ПОТОКАХ МЕДИАДАННЫХ

Д. А. Кашлаков¹, В. А. Засов²

Введение. В условия увеличения объёмов передаваемых потоков медиаданных актуальной остаётся проблема их безопасной передачи. В настоящее время передача информации сопряжена с рисками преднамеренного внесения искажений, что несёт угрозу целостности данных и их восприятию пользователем. Особую угрозу представляют малозаметные искажения, которые сложно обнаружить без специализированных инструментов.

Преднамеренно внесенные малозаметные искажения – это незаметные для человеческого восприятия искажения, которые, тем не менее, способны влиять на содержание сообщения. Примером может послужить небольшой сдвиг цветовой палитры изображения, посторонние шумы в аудиозаписи, которые были интегрированы в оригинальную запись намеренно, или небольшие искажения видеок кадров. Примеры опасного использования подобных искажений: влияние на аудиторию, дезинформация, обход авторского права, стеганография. Основная сложность обнаружения этих искажений – их небольшой объём в общем объёме передаваемой информации, и для их выявления требуются методы, которые чувствительны к минимальным отклонениям.

Целью данной работы является исследование способов и алгоритмов идентификации подлинности для обнаружения малозаметных искажений. В рамках исследования рассматриваются основные существующие методы применимые для обнаружения малозаметных искажений в потоках медиаданных, а также предлагается новый способ для их обнаружения.

Под идентификатором подлинности будем понимать некоторый объект, который идентифицирует подлинность кадров видеопотока. Эффективность идентификатора определяется отношением его объёма к объёму передаваемых данных. Для приблизительного расчёта эффективности распознавания малозаметных искажений, возьмём видеофайл размером 4.09 мегабайта, разрешением 836 на 462 пикселя и длительностью 18 секунд с 30 кадрами в секунду. В настоящее время известны следующие методы для обнаружения искажений в потоках медиаданных.

1. Метод электронной цифровой подписи. Позволяет сравнивать заранее записанный хэш подлинного медиаконтента с полученным видео. Например, для видеоданных возможно хэширование отдельных кадров видео.

Метод электронной подписи видеопотока описанный в статье [1, 2, 3], эффективно работает для определения искажений конкретного кадра, но не позволяет определить конкретное место внесения искажений, что делает его не подходящим для анализа малозаметных искажений потока медиаданных.

Детализированное хэширование видеопотока, предполагающее генерацию хэша для каждого блока размером 32 на 32 пикселя в каждом из 520 кадров приводит к получения идентификатора подлинности объёмом около 6,67 мегабайт или 164 % от изначального объёма видеофайла.

2. Метод водяных знаков. Этот метод позволяет встраивать скрытые метки прямо в видеоконтент, что делает его крайне полезным для защиты авторских прав [4]. Однако, их внедрение значительно увеличивает размер идентификатора подлинности и ориентирован на защиту авторских прав контента, поэтому метод водяных знаков не подходит для выявления малозаметных искажений.

В отличие от других методов, метод водяных знаков защищает контент авторов встраивая водяные метки непосредственно в него же, тем самым увеличивая его размер. Так, положим, что водяной знак составляет от 1 % до 5 % от исходного размера. Таким образом, он добавит от 41,88 килобайт до 209,41 килобайт к размеру изначального видео.

¹ Кашлаков Дмитрий Александрович – студент группы ИСТм-41, ЭТФ

² Засов Валерий Анатольевич – к.т.н., доцент кафедры «Цифровые технологии»

3. Метод анализа спектральных характеристик. Этот метод позволяет выявлять аномалии в частотных спектрах медиаконтента, но этот метод чаще всего избыточен для малозаметных искажений и требует значительных вычислительных ресурсов.

Метод более чувствителен к значительным искажениям, что делает его неэффективным в задачах обнаружении малозаметных искажений. Так, если мы будем сохранять 10 % от информации о каждом кадре, общий объём идентификатора подлинности будет составлять 62,1 мегабайта или 1529 % от изначального объёма видеоконтента.

4. Методы машинного обучения. Использование нейронных сетей в контексте поиска вмешательств в видеопоток требует большого количества размеченных обучающих данных, и точность определения зависит от качества этих данных.

Более того, когда речь заходит о потоковом видео, использование нейронных сетей не представляется возможным, так как требует постоянного доступа к интернету или же высокопроизводительных средств вычислительной техники [5].

5. Метод помехоустойчивого кодирования кодами Хэмминга и Рида–Соломона. Данные методы основываются на избыточности данных, добавляя проверочные биты для обнаружения и исправления ошибок в медиаконтенте.

Методы лучше всего подходят для обнаружения малозаметных искажений медиаконтента, однако, при использовании этих методов значительно возрастает объём идентификатора подлинности [4]. Для выбранного видео размером 4,02 мегабайта добавление избыточности от 10 % до 50 % приведет к увеличению объёма идентификатора подлинности на величину от 418,82 килобайт до 2,05 мегабайт или от 9,95 % до 50,99 % от изначального объёма видеофайла.

Таким образом, недостатком предлагаемых методов является большой объём идентификатора подлинности и требуемая производительность средств вычислительной техники для его получения. Это связано с тем, что идентификаторы подлинности рассмотренных методов являются универсальными и формируются из всех данных медиапотока.

С целью устранения указанных недостатков предлагается следующий алгоритм.

Для выявления малозаметных искажений следует формировать идентификатор подлинности на основе межкадровых искажений потока видеоданных. Любая видеозапись имеет статичные зоны (равномерные поверхности, которые не меняются значительное количество последовательных кадров) и зоны, которые активно изменяются – движущиеся объекты.

Для выявления малозаметных искажений в видеопотоке следует захватить данные о предыдущем и текущем кадре видеопотока, потом разделить каждый из них на эти зоны и работать с каждой из них по отдельности. Параметры группы пикселей из зоны активных искажений можно записать в идентификатор подлинности, в то же время, группы пикселей из статичной зоны будут записываться в идентификатор подлинности гораздо реже. Таким образом, для малозаметных искажений объём идентификатора подлинности будет меньше, чем у описанных выше методов.

В ходе разработки алгоритма способ формирования идентификатора подлинности был протестирован на том же видео (рис. 1), для которого выше рассчитывались приблизительные размеры идентификатора подлинности. В результате, получился идентификатор подлинности объёмом 38,4 килобайта или 3,8 % от изначального размера видеоконтента. Данный объём уступает только методы встраивания водяных знаков, не предназначенному для обнаружения малозаметных искажений, а также полному хешированию видеофайла. Полное хеширование не позволяет выявлять локальные искажения, а также подвержено ошибкам в условиях типичной передачи медиаданных.

Малозаметные искажения представляют скрытую опасность и требуют новых методов идентификации медиаконтента. Существующие методы [1–5] же чаще всего избыточны для выявления таких малозаметных искажений с медиаконтентом. Предложенный способ может быть использован в задачах архивирования видеозаписей с камер видеонаблюдения при мониторинге объектов транспортной инфраструктуры. Дальнейшие исследования будут сосредоточены на практической реализации, исследовании возможностей и ограничений предложенного метода.

Обнаружение искажений в медиапотоках

Генерация Идентификатора Проверка Подлинности Детальный Анализ Сравнительный Анализ Мониторинг в Реальном Времени

Выбор видео

Оригинальное видео: C:/Users/user/Videos/Captures/Запись 2025-06-05 22355

Параметры генерации

Тип идентификатора: heavy

Размер кадра для анализа (WxH): 32 x 32

Порог движения (threshold_motion, 0-255): 20

Размер хеша (hash_size, для 'light'): 8

Количество процессов CPU (0=Авто): 26

Рис. 1. Интерфейс программы генерации идентификатора подлинности на основе анализа активных и статичных зон видеоконтента

Малозаметные искажения представляют скрытую опасность и требуют новых методов идентификации медиаконтента. Существующие методы [1–5] же чаще всего избыточны для выявления таких малозаметных искажений с медиаконтентом. Предложенный способ может быть использован в задачах архивирования видеозаписей с камер видеонаблюдения при мониторинге объектов транспортной инфраструктуры. Дальнейшие исследования будут сосредоточены на практической реализации, исследовании возможностей и ограничений предложенного метода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Насенник В.Г. Электронная подпись видеопотока // Вестник СибГУТИ. 2021. № 4 (56), С. 84–86.
- 2 Мишин А.Б., Морковин С.В. Модифицированный метод внедрения робастного невидимого цифрового водяного знака в видеоданные // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2021. № 6, С. 42–49.
- 3 Буштрук, Т.Н. Перспективные направления моделирования и идентификации динамических систем / Т.Н. Буштрук, В.А. Засов В.А. Самара: СамГУПС, 2019. 158 с.
- 4 Муртазалиева И. А. Сравнение производительности различных методов нанесения водяных знаков // StudNet. 2021. №5.
- 5 Лемайкина С.В. Методы обнаружения фальсификации информационного контента // Философия права. 2023. №3 (106), С. 119–124.
- 6 Звездочкин М.Ю., Миронов В.В. Методы повышения быстродействия декодирования потоковых данных на основе кода Рида–Соломона // НикСС. 2024. №2 (46), С. 5–14.

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПЕРЕВОЗИМЫЕ ПО ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ ГРУЗЫ

А. В. Ивлева¹, В. А. Засов²

Введение. При перевозке грузов транспортными средствами возможно возникновение динамических сил, воздействующих на перевозимые грузы. Часть грузов, включающих определенные виды машин, оборудования, точных механизмов, конструкций, оптических изделий и т.п. требует выполнения ограничений на динамические воздействия и ударные нагрузки, ибо их превышение может привести к неисправностям, негативно влияет на надежность и сокращает сроки дальнейшей эксплуатации изделий.

Изложенное выше в равной степени относится и перевозке грузов по железной дороге. Увеличение массы, длины грузовых поездов, скорости их движения при эксплуатируемой в настоящее время пневматической системе торможения сопровождается ростом динамических сил и ударных воздействий в подвижном составе (и, следовательно, грузах) при разгоне, торможении, изменении скоростных режимов [1].

Поэтому актуальной задачей является разработка и применение систем мониторинга динамических и ударных воздействий на изделия и оборудование в процесс их перевозки целью контроля выполнения ограничений на условия транспортировки.

Предложенные в настоящее время системы, например [1, 2], не в полной мере соответствуют потребностям практики. Погрешности измерений величин механических воздействий велики, что не позволяет производить достоверную и подробную идентификацию входных воздействий [3] на транспортируемые изделия. Объем измеряемой информации недостаточен для последующего анализа и прогнозирования технического состояния изделий, а ориентация систем мониторинга только на специализированные платформы существенно ограничивает область применения существующих систем.

Вышеуказанные факторы снижают эффективность применения существующих систем мониторинга

Целью работы является повышение эффективности мониторинга динамических воздействий на перевозимые по железной дороге грузы.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи.

1. Уменьшение погрешностей и повышение достоверности измерений физических величин входных динамических воздействий на транспортируемые изделия.
2. Увеличение числа измеряемых параметров для обеспечения анализа и прогнозирования технического состояния изделий.
3. Реализация анализа и прогнозирования усталостной прочности изделий.
4. Расширение области применения систем мониторинга за счет возможности использования их непосредственно на изделиях, а не только на транспортных платформах.

Решение указанных задач отличает предлагаемую систему мониторинга от известных систем.

Структурная схема предлагаемой системы мониторинга приведена на рис. 1. На схеме можно выделить две части: подсистему измерений ускорений, деформаций, путевых координат, времени и подсистему обработки результатов мониторинга.

Разработанная СМППГ состоит из следующих систем:

- системы измерения ускорений и деформации;
- системы измерения путевых координат и времени;
- системы обработки и анализа результатов мониторинга.

Указанные системы объединяются промышленной коммуникационной сетью на базе технологии RS-485 (протокол MODBUS).

¹ Ивлева Алина Владимировна – студент группы ИВТб-11, ЭТФ

² Засов Валерий Анатольевич – к.т.н., доцент кафедры «Цифровые технологии»

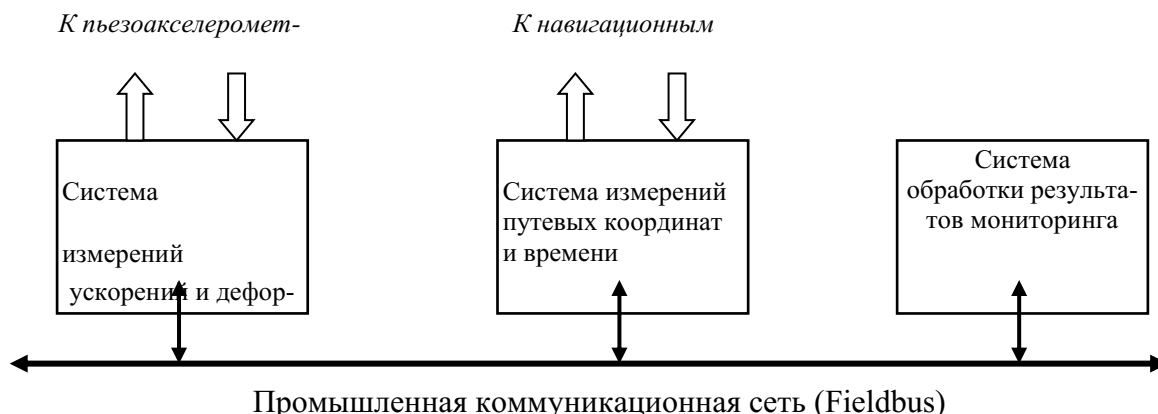


Рис. 1. Функциональная схема предлагаемой системы мониторинга

Система измерения ускорений и деформации предназначена для измерения ударных воздействий и деформаций на изделиях.

Ударные воздействия измеряются датчиками ускорений на основе пьезоэлектронных преобразователей.

Деформации на изделиях, т.е. измерения геометрии изделий в пределах упругости, измеряются тензодатчиками.

Для измерения путевых координат и времени применяется приемники сигналов спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС.

Система обработки и анализа результатов мониторинга позволяет формировать итоговые выходные формы результатов мониторинга, оценивать величину и прогнозировать остаточный ресурс усталостной прочности.

Модули системы измерения ускорений и деформации устанавливаются непосредственно на каждом транспортируемых изделий, что позволяет повысить достоверность мониторинга. Система измерения ускорений и деформации может быть также одномодульной и устанавливаться на транспортную платформу, т.е. быть общей для группы транспортируемых изделий. Это снижает достоверность мониторинга, но упрощает систему и снижает затраты на мониторинг.

Сетевая архитектура системы измерения ускорений и деформации позволяет масштабировать систему и определять ее конфигурацию по требованиям грузоотправителей, грузополучателей и грузоперевозчиков.

Система измерения путевых координат и времени также может масштабироваться и устанавливаться как на каждом из изделий (многомодульный вариант), так и на группу изделий (одномодульный вариант).

Система обработки и анализа результатов мониторинга непосредственно в процессе транспортировки изделий не используется. Система применяется после завершения процесса транспортировки.

В эту систему переписывается информация о величинах ускорений, деформациях, привязанных к путевым координатам и времени, записанная в энергонезависимую память модулей системы измерения ускорений, деформации и модулей системы измерения путевых координат и времени. Система обработки и анализа результатов мониторинга организует базу данных результатов измерений, которая по запросам пользователя используется для формирования отчетных форм результатов мониторинга и технического состояния изделий.

Практическая и научная новизна предлагаемой системы мониторинга заключается в следующем:

1. Разработана система измерений динамических воздействий, отличающаяся от известных систем меньшей погрешностью и повышенной достоверностью измерений за счет

выравнивания амплитудно–частотных (АЧХ) и линеаризации фазо–частотных характеристик (ФЧХ) пьезоакселерометров.

2. Разработана система измерений динамических воздействий, отличающаяся от известных систем увеличением числа измеряемых параметров за счет измерения деформаций тензодатчиками с компенсацией температурной погрешности.

3. Разработана система обработки результатов мониторинга, отличающаяся от известных систем возможностью анализировать и прогнозировать усталостную прочность изделий.

4. Разработана система мониторинга, отличающаяся от известных систем большей универсальностью за счет возможности применения ее как непосредственно на изделиях, так и на специализированных транспортных платформах.

Пример структурной схемы подсистемы измерений ускорений на транспортируемых изделиях приведен на рис. 2.

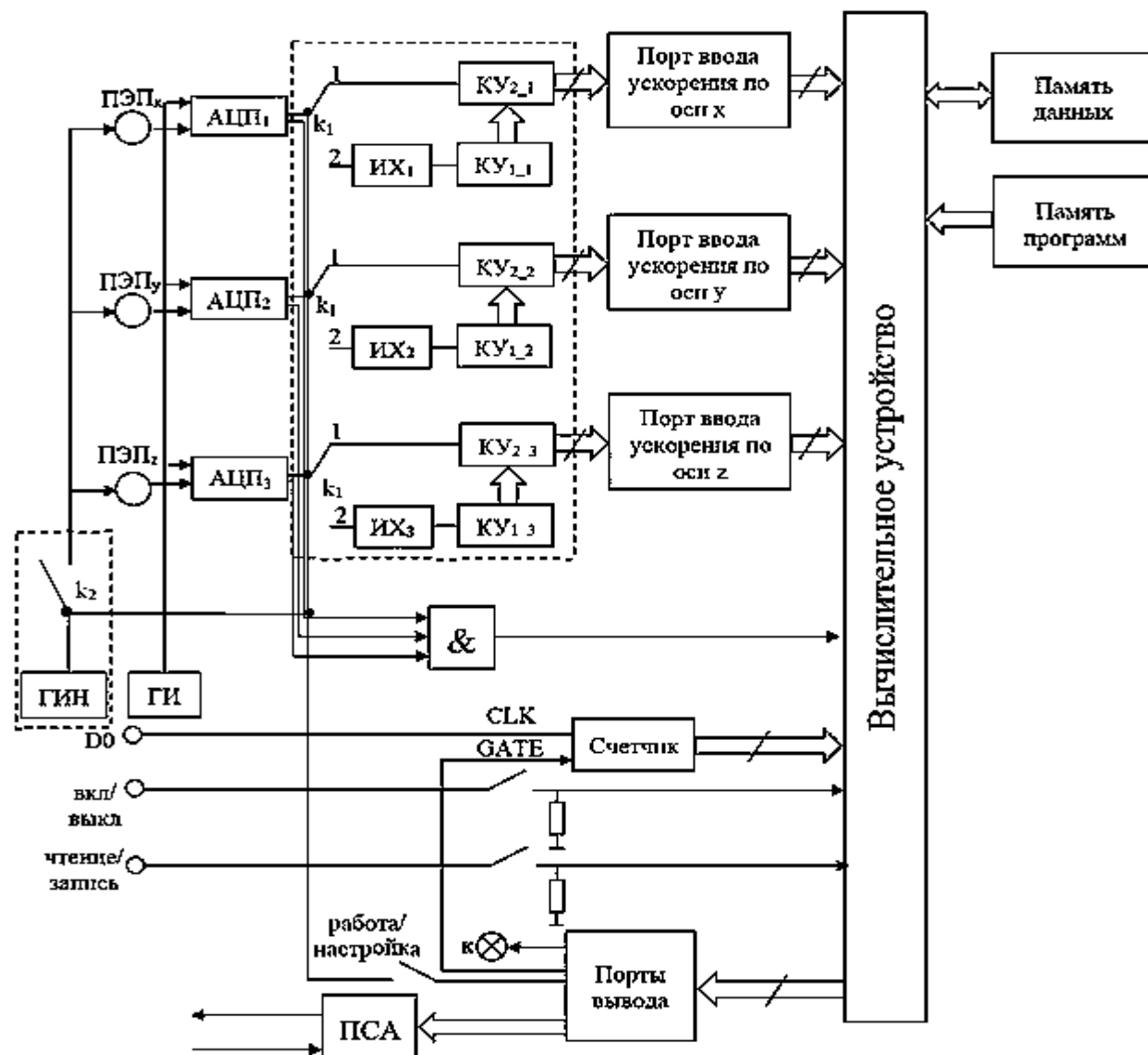


Рис. 2. Структурная схема подсистемы измерений ускорений на изделиях

Подсистема содержит пьезоакселерометры ПЭП для измерения ускорений по осям координат x, y, z, три АЦП, порты ввода–вывода информации и вычислительное устройство.

Предложенная в работе подсистема отличается тем, что для уменьшения динамических погрешностей пьезоакселерометров предлагается производить выравнивание амплитудно–частотных характеристик (АЧХ) и линеаризацию фазо–частотных характеристик (ФЧХ) с помощью блока коррекции характеристик [3], который выделен на рис. 2 пунктиром.

Уменьшение погрешностей позволяет производить более подробный анализ воздействий на транспортируемые изделия.

Для определения показателя усталостной прочности производится измерение числа ударных воздействий, величины которых, достаточно велики и влияют на техническое состояние изделий. Эти величины задаются разработчиками изделий и оборудования.

Эффект накопления влияний таких динамических воздействий (усталостная прочность) может не приводить к неисправности изделий, но ухудшает их техническое состояние и уменьшает ресурс работы [3].

Анализ усталостной прочности включает в себя применение данных результатов мониторинга и таких данных как диаграммы усталостной прочности для различных материалов изделий [4–6]. Эти диаграммы помогают определить, при какой степени циклической нагрузки материал изделий может начать разрушаться после определенного количества циклов нагрузки. При этом учитываются параметры, измеренные при транспортировке, такие как амплитуда воздействий, средняя величина воздействий и количество циклов до разрушения.

Ударные нагрузки могут сильно изменять техническое состояние изделий, поэтому применение предложенной системы мониторинга позволяет минимизировать риск возникновения усталостных повреждений в изделиях путем вычисления остаточного ресурса изделий и прогнозирования времени их дальнейшей эксплуатации [4–6].

Кроме того, система мониторинга позволяет в случае обнаружения неисправностей изделий при доставке их в пункты назначения определить этапы в логической цепочке доставки грузов (изготовление, погрузка, транспортировка, разгрузка), на которых возникла неисправность.

Результаты работы могут найти применения для мониторинга условий транспортировки грузов на железнодорожном транспорте, а также других видах транспорта: автомобильном, авиационном, морском и др.

Система мониторинга может также применяться для измерения условий комфортности пребывания пассажиров в транспортных средствах при движении по определенным маршрутам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Перспективные технологии эффективной эксплуатации подвижного состава и железнодорожного пути // А.В. Авсиевич, Н.В. Чертыковцева, В.А. Засов, Д.В. Овчинников, В.В. Авсиевич. Самара: СамГУПС, 2021. 175 с.
- 2 Засов В.А. Система мониторинга динамических воздействий на перевозимые по железной дороге грузы / Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. Самара: СамГУПС, 2024. С. 102–105.
- 3 Буштрук, Т.Н. Перспективные направления моделирования и идентификации динамических систем / Т.Н. Буштрук, В.А. Засов В.А. Самара: СамГУПС, 2019. 158 с.
- 4 Клаассен К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. Москва: Постмаркет, 2000. 352 с.
- 5 Топильский В.Б. Микроэлектронные измерительные преобразователи: учебное пособие. БИНОМ, Лаборатория знаний, 2015. 496 с.
- 6 Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М.: Горячая линия – Телеком, 2009. 608 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛЬНОГО БЛИЗНЕЦА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОРЕГРЕССИОННОГО ПОДХОДА

И. С. Чапланов¹, В. А. Засов²

Введение. С развитием технологий сбора и обработки данных всё большее значение приобретает исследование сложных динамических систем, поведение которых может быть представлено в виде временных рядов. Одним из современных направлений в этой области является создание сигнального близнеца – искусственного сигнала, воспроизводящего статистические свойства исходного временного ряда [1]. Такие модели находят применение в различных сферах: от медицинской диагностики и мониторинга состояния технических устройств до прогнозирования финансовых показателей и тестирования алгоритмов машинного обучения [2].

Суть концепции заключается в том, чтобы, имея наблюдаемый сигнал, построить его «двойника», который будет содержать те же частотные компоненты, уровни энергии и корреляционные зависимости, что и оригинал, но не будет повторять точную временную реализацию. Это особенно важно, когда требуется проверить устойчивость алгоритмов к изменениям входных данных или протестировать работу системы в условиях, отличных от тех, что были зафиксированы ранее [3].

Целью данной работы была разработка программной реализации метода построения сигнального близнеца на основе авторегрессионной модели и демонстрация его эффективности на примере случайно сгенерированного сигнала. Также была проведена визуальная и количественная оценка соответствия между оригиналом и его близнецом.

Для проведения моделирования был сформирован случайный сигнал, представляющий собой сумму нескольких гармоник с различными амплитудами, частотами и фазами, дополненную гауссовым шумом. Длительность сигнала составила 30 секунд, частота дискретизации – 1000 Гц. Таким образом, общее количество отсчётов сигнала равно 30 000.

Для получения сигнального близнеца был использован авторегрессионный подход, основанный на решении уравнений Юла–Уокера.

Авторегрессионная модель (AR) является одним из наиболее популярных методов параметрического спектрального анализа и широко применяется для моделирования стационарных случайных процессов [4].

Процесс создания сигнального близнеца состоит из следующих этапов.

1. Вычисление автокорреляционной функции сигнала. Автокорреляция используется для описания взаимосвязи между значениями сигнала на разных временных интервалах.

2. Решение уравнений Юла–Уокера. Эти уравнения позволяют определить коэффициенты AR-модели заданного порядка. Для решения использовалась функция `solve_toeplitz` из библиотеки `scipy.linalg`, которая обеспечивает эффективное обращение матрицы Топлица [5].

3. Формирование сигнала-близнеца. После определения коэффициентов модели через рекурсивный фильтр пропускался белый гауссов шум, что позволило получить искусственный сигнал.

4. Нормализация и масштабирование. Чтобы сделать близнеца статистически эквивалентным оригиналу, к нему были применены операции центрирования и приведения к аналогичной дисперсии [6].

Работа выполнена на языке Python с использованием следующих библиотек:

- `numpy` – для численных вычислений;
- `matplotlib` – для построения графиков;
- `scipy.signal` – для работы с сигналами и спектрами;
- `scipy.linalg` – для решения уравнений Юла–Уокера.

¹ Чапланов Иван Сергеевич – студент группы ИСТм-41, ЭТФ

² Засов Валерий Анатольевич – к.т.н., доцент кафедры «Цифровые технологии»

Исходный сигнал (прототип) представляет собой сумму пяти синусоид с различными частотами (в диапазоне от 0,1 до 20 Гц), случайными амплитудами и фазами (рис.1). К полученному сигналу добавлен нормальный шум со средним значением 0 и стандартным отклонением 0,5. Такой подход позволяет имитировать реальные измерения, содержащие случайные возмущения.

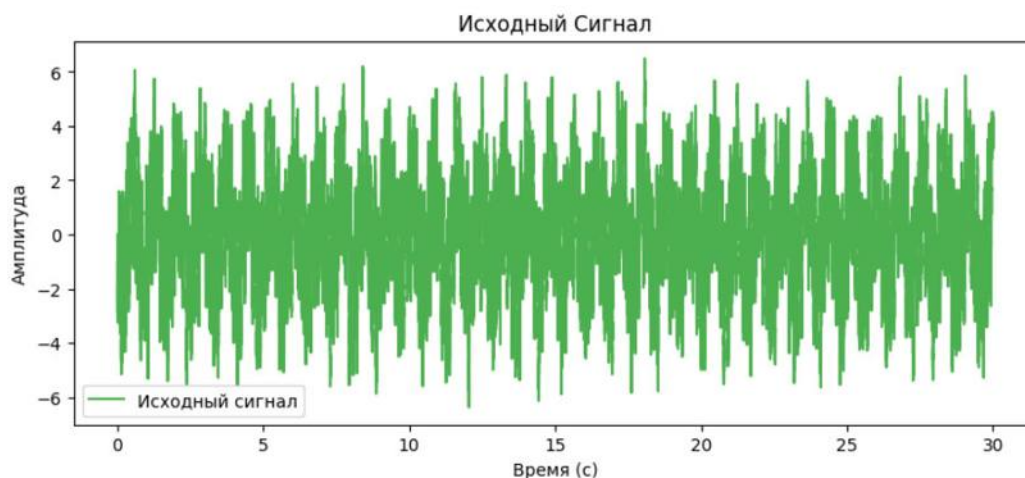


Рис. 1. Результат генерации сигнала–прототипа

Для построения сигнала–близнеца была выбрана авторегрессионная модель 5–го порядка. Выбор порядка модели осуществлялся эмпирически, исходя из качества воспроизведения спектральной плотности мощности (СПМ). Было установлено, что при меньших значениях порядка теряются некоторые детали спектра, тогда как увеличение порядка свыше 5 не давало существенного улучшения.

После определения параметров модели через рекурсивный фильтр был пропущен белый шум (рис. 2). Полученный сигнал–близнец был нормализован: среднее значение было смещено к среднему значению оригинала, а стандартное отклонение скорректировано так, чтобы соответствовать исходному.

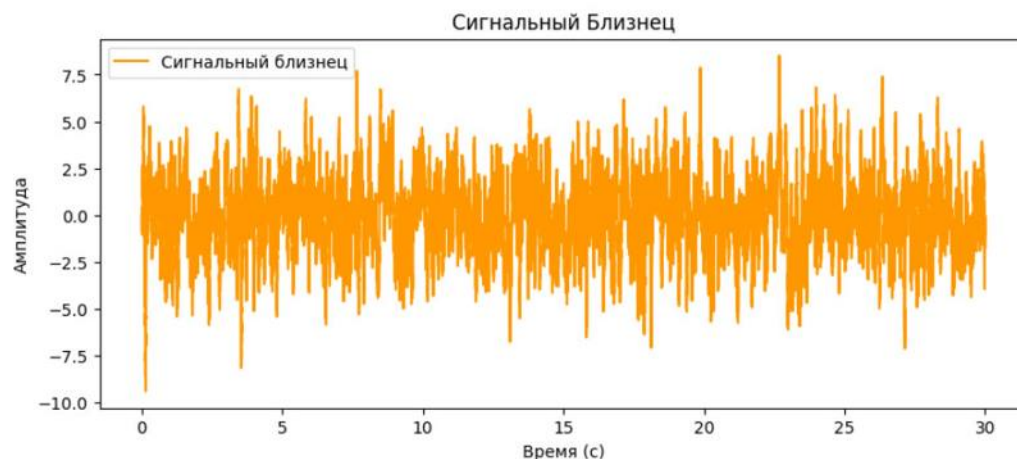


Рис. 2. Результат построения сигнала–близнеца

Для сравнительной оценки сигналов прототипа и близнеца были построены графики спектральной плотности мощности (СПМ) сигналов (рис. 3). Анализ показал, что во временной области сигналы имеют разную форму, однако в частотной области наблюдается высокая степень сходства: основные пики в спектре сохранены, а общая форма графиков практически совпадает. Для количественной оценки сходства графиков СПМ сигналов была вычислена среднеквадратическая ошибка (RMSE) между СПМ прототипа и близнеца. Полученное значение MSE оказалось меньше 0,05, что соответствует совпадению спектров более чем на 95 %.



Рис. 3. Сравнительная оценка сигналов прототипа и близнеца

Для увеличения подобия сигналов необходимо увеличение порядка АР-модели, т.е. увеличение порядка системы уравнений Юла–Уокера. В этом случае существенно возрастает вычислительная сложность получения коэффициентов АР-модели. Кроме того, известно [7], что увеличение порядка систем уравнений увеличивает вероятность возникновения неустойчивости решения из-за ухудшения обусловленности матрицы коэффициентов, что снижает достоверность решения систем уравнений.

Таким образом, можно утверждать, что предложенный метод позволяет создавать сигнального близнеца, который статистически эквивалентен оригиналу, но имеет уникальную временную реализацию.

В ходе выполнения работы была разработана программная реализация метода построения сигнального близнеца на основе авторегрессионной модели. Подход основан на решении уравнений Юла–Уокера и последующей фильтрации белого шума. Проведённое сравнение показало высокую степень соответствия между оригинальным сигналом и его близнецом как во временной, так и в частотной областях.

Предложенный метод может быть использован в задачах моделирования сложных систем, тестирования алгоритмов обработки сигналов, а также при создании цифровых двойников реальных объектов [7]. Эта задача особенно актуальна в сфере железнодорожного транспорта, где важна надёжность и устойчивость систем контроля и управления.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением подхода на многомерные сигналы, адаптацией метода для нестационарных процессов и интеграцией в системы онлайн-диагностики и прогнозирования состояния оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. М.: Мир, 1989. 540 с.
- 2 Бокс Дж. Э.П., Дженкинс Г.М., Рейнсел Г.К. Анализ временных рядов: прогнозирование и управление. 4-е изд. Wiley, 2008. 746 с.
- 3 Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ с приложениями. Prentice–Hall, 1987. 492 с.
- 4 Кей С.М. Современная спектральная оценка: теория и применение. Prentice Hall, 1988. 543 с.
- 5 Уэлч П.Д. Использование быстрого преобразования Фурье для оценки спектров мощности: метод, основанный на усреднении по времени коротких модифицированных периодограмм // IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics. 1967. Vol. 15 (2). С. 70–73.
- 6 Юл Г.У. О методе исследования периодичностей в нарушенных рядах, с особым вниманием к числам солнечных пятен Вольтера // Философские труды Лондонского королевского общества. Серия А, содержащая статьи математического или физического характера. 1927. Т. 226. С. 267–298.
- 7 Буштрук, Т.Н. Перспективные направления моделирования и идентификации динамических систем / Т.Н. Буштрук, В.А. Засов В.А. Самара: СамГУПС, 2019. 158 с.

СЕКЦИЯ 5

Проблемы экологии, безопасности жизнедеятельности и охраны труда на железнодорожном транспорте

ЗЕЛЁНЫЕ КРЫШИ И ВЕРТИКАЛЬНЫЕ САДЫ КАК ЭЛЕМЕНТЫ УСТОЙЧИВЫХ ГОРОДОВ

К. А. Корякова¹, К. М. Мартыненко², Ю. А. Холопов³

Введение. Современные города, устремлённые к технологическому прогрессу, всё чаще оказываются заложниками дефицита экологических зон. Пространства, некогда предназначенные для жизни, превращаются в нагревающиеся массивы бетона и стекла, лишённые зелени. В этом контексте особую остроту приобретает задача экологической реконфигурации городской среды – не через масштабное строительство новых парков, а путём деликатного, но системного внедрения природных элементов в уже существующую инфраструктуру города. Одним из таких решений, активно обсуждаемых в экологическом и градостроительном сообществе, становятся зелёные крыши и вертикальные сады.

Согласно отчёту Европейского агентства по окружающей среде [1], города с развитыми программами зелёного строительства демонстрируют не только снижение локальных температур и уровня загрязнения воздуха, но и повышение качества жизни горожан. В России данная тенденция пока не получила широкого распространения, однако интерес к подобным инициативам, особенно в академической среде, неуклонно растёт. В условиях климатических и инфраструктурных вызовов зелёные крыши могут стать не модной архитектурной прихотью, а функциональной необходимостью.

Цель настоящей статьи заключается в комплексной оценке экологического потенциала зелёных крыш и вертикальных садов как инструментов устойчивого городского развития на примере студенческого проекта, предлагаемого к реализации на территории ПривГУПС.

В рамках статьи будут проанализированы природоохранные и климатические преимущества зелёных крыш на основе отечественных и международных исследований, изучены типология и конструктивные особенности зелёных крыш и вертикальных садов, а также представлена проектная концепция озеленения крыши учебного корпуса, включая подбор растений, систему полива и расчёт экологической нагрузки.

Объектом исследования выступают элементы архитектурной среды, способные выполнять экологические функции – в частности, эксплуатируемые кровли зданий и вертикальные фасады, используемые для размещения растительных композиций. Предметом исследования становится экологическая эффективность, структурная реализация и потенциал масштабирования зелёных крыш и фасадов в условиях высшего учебного заведения.

Методологический фундамент работы строится на междисциплинарном подходе, сочетающем элементы урбоэкологии, архитектурной инженерии и климатической науки. Используются методы сравнительного анализа на основе научных работ [2–5], расчёты водной нагрузки, типологическая классификация озеленяющих конструкций и локальный проектный анализ. Особое внимание уделяется опыту стран с устоявшейся практикой

¹ Корякова Ксения Андреевна, студентка группы ТБб-11, ИУЭ

² Мартыненко Кирилл Михайлович, студент группы ЭЖД-13, ИУЭ

³ Холопов Юрий Александрович, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и экология»

зелёного строительства – таких как Германия, Сингапур и Италия – с учётом адаптации этих решений к климатическим и социальным условиям России [6,7].

Разнообразие конструктивных решений, объединяемых понятием «зелёная крыша», определяется прежде всего их функциональной направленностью, нагрузочной способностью и глубиной посадочного слоя. В международной и отечественной практике принято различать два основных типа: экстенсивные и интенсивные.

Экстенсивные системы характеризуются малой глубиной субстрата (обычно не более 15 см), ограниченным выбором растительности – преимущественно засухоустойчивой флоры – и минимальными требованиями к обслуживанию. Они наименее затратны и легко интегрируются в уже существующую архитектуру, особенно в образовательные и административные здания.

Интенсивные крыши, напротив, предполагают полноценное озеленение с возможностью высадки кустарников и даже деревьев, что требует дополнительного инженерного укрепления конструкции, сложных систем орошения и дренажа, а также регулярного ухода.

Эти различия обуславливают не только разную степень экологической нагрузки, но и вариативность целей, которых стремятся достичь при внедрении таких решений: от простого снижения температуры крыши – до создания полноценного зелёного общественного пространства.

Среди наиболее очевидных эффектов, возникающих при внедрении зелёных крыш, выделяются два доминирующих: снижение температуры поверхности кровли и удержание ливневых осадков. Так, в исследовании [4], зафиксировано понижение температуры покрытия на 16–22 °С в жаркий период, что напрямую влияет на снижение так называемого эффекта «городского теплового острова» – устойчивого повышения температуры воздуха в городской среде по сравнению с прилегающими сельскими территориями. Такие температурные аномалии вызваны накоплением тепла от асфальта, бетона и других искусственных поверхностей, которые поглощают и медленно отдают солнечную энергию, особенно в условиях плотной застройки и нехватки зелёных насаждений.

Кроме того, по данным отчёта [2], зелёные кровли способны удерживать до 80 % объёма осадков, выпадающих в летний период. Это не только снижает нагрузку на городскую ливневую систему, но и способствует фильтрации загрязнённой воды, поступающей с атмосферы. Некоторые модели зелёных крыш включают многоуровневые фильтры, дополненные биологически активными растениями, обладающими фиторемедиативными свойствами.

Не менее важным является положительное влияние на биоразнообразие. Как показывает доклад Европейского агентства по окружающей среде [1], внедрение зелёных крыш способствует созданию микросред обитания для насекомых, птиц и низкорослой флоры, особенно в тех урбанизированных зонах, где иные формы природной жизни полностью вытеснены.

С экологической эффективностью тесно сопряжена и энергетическая. Растительный слой действует как естественный теплоизолятор: летом – предотвращает перегрев кровли и внутренних помещений, зимой – снижает теплопотери. В исследовании [4] указано, что в жилых зданиях с правильно установленными зелёными крышами потребление энергии на кондиционирование воздуха сокращается до 40–60 %, а в отдельных случаях достигает 75 %, что особенно актуально для регионов с резко выраженным континентальным климатом.

Эти преимущества получают дополнительную значимость при рассмотрении затрат на обслуживание зданий: эксплуатационные расходы на энергию и ремонт кровли (в силу защиты гидроизоляционного слоя) снижаются в перспективе на 20–30 %. Таким образом, зелёные крыши выступают не только как экологический инструмент, но и как экономически обоснованное решение.

Значительный интерес представляют реализованные проекты в странах, которые на протяжении последних десятилетий демонстрируют системный подход к развитию зелёной

архитектуры. В Германии, согласно статистике, ежегодно озеленяется более 10 млн м² крыш – как в жилом, так и в общественном строительстве. Федеральные программы поощрения делают подобные инициативы частью строительных норм.

Ярким примером интеграции вертикальных садов в жилую архитектуру является комплекс *Bosco Verticale* в Милане, где фасады двух небоскрёбов засажены более чем 20 тыс. растений. Этот проект, по словам его автора архитектора Стефано Боззи, не только преобразил визуальный облик района Порты Нуова, но и «вернул городу его биологическую память» – способность взаимодействовать с природной системой, а не противостоять ей.

В Сингапуре, где плотность застройки исключительно высока, принята стратегия «Город в саду», и зелёные фасады стали обязательным элементом крупных общественных зданий. В России, несмотря на относительно сдержанную динамику, интерес к зелёным крышам проявляется в отдельных проектах, например в парке «Зарядье».

На фоне растущего интереса к внедрению элементов зелёной инфраструктуры в образовательную среду мы предлагаем рассмотреть возможность реализации экспериментального проекта озеленения эксплуатируемой кровли на базе одного из учебных корпусов ПривГУПС. Предметом предлагаемого преобразования является терраса четвёртого этажа пятого учебного корпуса – открытое горизонтальное пространство площадью 60 м², обладающее благоприятными физико–архитектурными характеристиками: высокой степенью инсоляции, отсутствием существенной ветровой нагрузки и надёжной железобетонной конструкцией перекрытий. Эти параметры создают предпосылки для адаптации пространства под нужды эколого–демонстрационной зелёной системы, соответствующей принципам устойчивой архитектуры.

Предлагаемое решение базируется на экстенсивной модели зелёной крыши – наименее затратной и наименее инвазивной для строительной структуры. В качестве посадочного материала предлагается использовать четыре вида растений, демонстрирующих устойчивость к локальным климатическим условиям и способных формировать равномерное покровное озеленение без необходимости в регулярном обслуживании. Очиток, лаванда, тимьян и барвинок – виды, проверенные практиками в регионах с подобной температурной и влажностной динамикой. Их биомасса имеет малую нагрузочную плотность, корневая система устойчива к высыханию, а эстетические качества делают их привлекательными для восприятия как вблизи, так и с нижних точек обзора.

Инженерная часть проекта предполагает установку простой капельной системы полива с ручным управлением. Согласно предварительным расчётам, при условии трёхкратного полива в неделю в летние месяцы и умеренного полива в межсезонье, суммарный годовой расход воды составит не более 13,2 м³. Экономический эквивалент этого объёма, рассчитанный по средним городским тарифам, составляет около 660 рублей в год. Простота системы, энергонезависимость и минимализм конструкции позволяют внедрить её без существенного вмешательства в инфраструктуру здания.

Одним из ключевых критериев при разработке концепции стало обеспечение безопасности нагрузок. Даже при условии кратковременного накопления ливневой воды на всей площади кровли (например, при осадках до 30 мм), давление на плиту перекрытия не превысит 15 кг/м². Эта величина находится в пределах допустимого для стандартных учебных зданий, построенных в XX веке, что делает реализацию проекта не только возможной, но и безопасной без дополнительных инженерных усиления.

Смета проекта включает две основные статьи: озеленение (геотекстиль – 7 200 Р, дренажный слой – 15 000 Р, почвосмесь – 9 000 Р) и система капельного полива (соединительная арматура, фильтры, капельная лента и бак – на общую сумму 7 880 Р). Общая стоимость реализации базовой версии проекта составляет 39 080 рублей. Следует подчеркнуть, что эта сумма рассчитана из рыночных розничных цен и может быть существенно снижена.

Для оптимизации бюджета возможно применение механизмов партнёрства и вовлечённости: университет может наладить взаимодействие с местными садоводческими

товариществами, питомниками и магазинами Самары, которые заинтересованы в экологических и образовательных инициативах. Предоставление части материалов в виде спонсорской или бартерной поддержки позволит сократить расходы на закупку компонентов. Кроме того, за счёт привлечения студентов и сотрудников университета на волонтерской основе для выполнения посадочных и монтажных работ, устраняется необходимость наёмного труда, а сам проект приобретает ценность как коллективное образовательное и экологическое действие.

В этой инициативе мы видим не только технико-экономическое обоснование, но и возможность создать пространственный символ университетской экологической идентичности – живой, зелёный элемент, служащий мостом между инженерной рациональностью и этикой устойчивого будущего.

Заключение. Предложенный проект озеленения эксплуатируемой кровли ПривГУПС представляет собой не просто инициативу технической модернизации одного из архитектурных элементов кампуса, но концептуально продуманное предложение, направленное на внедрение принципов устойчивого развития в университетскую среду. В условиях глобальной климатической нестабильности, урбанистической перегрузки и утраты природных связей, каждый акт восстановления зелёного пространства приобретает культурное, символическое и педагогическое значение.

Зелёные крыши и вертикальные сады – это не модная экзотика и не изолированная архитектурная утопия. Это логичное, научно обоснованное продолжение поисков баланса между инженерной целесообразностью и экологическим здравым смыслом. Мы показали, что даже минималистичный по бюджету и простой по исполнению проект может обладать широким спектром позитивных эффектов: от микроклиматического до социального.

С научной точки зрения проект подкреплён актуальными международными исследованиями, подтверждающими его эффективность в снижении тепловой нагрузки, удержании осадков, экономии энергии и улучшении городской среды. С технической – он выполним в существующих условиях. С образовательной – способен стать базой для практики, наблюдений, студенческих инициатив. С организационной – допускает реализацию при скромном бюджете, особенно при участии партнёрских структур и добровольческого труда.

Таким образом, внедрение зелёной крыши в пространстве ПривГУПС может стать не только демонстрацией технологической зрелости и экосознания студентов вуза, но и отправной точкой для масштабируемой программы озеленения университетской инфраструктуры. Мы убеждены, что реализация данной инициативы способна соединить экологию, архитектуру, инженерную мысль и гуманитарный взгляд на среду в едином, живом проекте, соответствующем вызовам XXI века.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Urban sustainability in Europe – Status and trends across cities and countries. European Environment Agency Report. 2022. No. 5. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-sustainability> (дата обращения: 06.05.2025).
- 2 Green Infrastructure: Green Roofs // U.S. Environmental Protection Agency. 2019. URL: <https://www.epa.gov/green-infrastructure/green-roofs> (дата обращения: 06.05.2025).
- 3 Баранов А.И. Экологическая устойчивость урбанизированных территорий. М.: Наука, 2020. 280 с. EDN: VWXKUM
- 4 Klaus M., Ondorf B. Energy performance of green roofs: Results from monitoring and simulations // Fraunhofer Institute for Building Physics. Stuttgart, 2018. 32 p. URL: <https://www.ibp.fraunhofer.de> (дата обращения: 06.05.2025).
- 5 Справочник по озеленению городов / под ред. Н.А. Баранова. СПб.: Лань, 2021. 328 с. EDN: UZBZKC
- 6 Boeri S. Vertical Forest: Instructions Booklet for the Prototype Forest City. Milano: Corraini Edizioni, 2021. 144 p.
- 7 Rooftop Gardens in Singapore. Garden City Vision by National Parks Board // NParks Singapore. 2020. URL: <https://www.nparks.gov.sg/gardencity> (дата обращения: 06.05.2025).

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА ОСНОВЕ БПЛА

Ю. А. Печенкина¹, Е. В. Дворянкина²

Введение. Одним из новых средств, применяемых сегодня среди ученых и исследователей разных направлений, являются беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА). Несмотря на то, что их изобретение приходится еще на конец 19-го века, повсеместно они начали использоваться лишь недавно. На гражданской службе в России применяется около 200000 единиц БПЛА, и их количество растет с каждым годом. Повышение спроса на их эксплуатацию обусловлено множеством преимуществ перед традиционными устройствами наблюдения. Благодаря этому на сегодняшний день БПЛА охватывают десятки сфер деятельности: строительство, логистика, железнодорожный транспорт, сельское хозяйство, энергетика, нефтедобыча, геология и экология.

Использование БПЛА позволяет произвести оценку состояния лесов, водоёмов, отдалённых горных массивов и других природных ресурсов, нуждающихся в контроле. Неоспоримым преимуществом устройств является возможность осуществления дистанционного мониторинга. Этот фактор приносит огромное количество пользы в случаях необходимости оценки состояния природы после катаклизмов, так как для исследователей больше нет нужды отправляться в зону поражения. Помимо стандартной фото- и видеосъёмки БПЛА способны взять пробу воздуха, воды или почвы и доставить её в лабораторию, где будут производиться дальнейшие исследования.

Целью данного исследования является определение возможностей использования БПЛА, а также выявление их достоинств и недостатков при применении в различных областях.

Методика исследования заключается в проведении анализа доступной информации, состоящей из методических материалов, других исследований, технических данных с сайтов заводов-изготовителей аппаратов.

Основная часть. БПЛА обладают большим числом преимуществ перед другими методами исследований:

- Экономичность. Так как аппараты беспилотные, затраты на их содержание сокращаются. Один час эксплуатации вертолета обойдется в 30000 рублей, а БПЛА – в 1000 рублей [1].

- Отсутствие шума. Благодаря отсутствию двигателя внутреннего сгорания, БПЛА бесшумны.

- Точность получаемой информации. Благодаря высокой маневренности и широкому углу обзора камер, БПЛА могут фиксировать большое количество данных, а разрешение камер позволяет достигнуть максимально возможного качества снимков.

- Высокая скорость сбора данных. Скорость БПЛА выше, чем у вертолёт, что позволяет им собирать информацию оперативнее.

- Экологичность. БПЛА работают на основе энергии, полученной от аккумуляторных батарей, что делает их более экологичными, чем вертолёт или самолёт [2].

В зависимости от назначения БПЛА, требуемого функционала и условий их работы, они могут быть оснащены различными дополнительными приборами. Наиболее часто используются камеры и лидары, а также в ряде случаев оснастка БПЛА может представлять собой тепловизоры, газоанализаторы, устройства для отбора проб, прожекторы и т.д.

В области геологии БПЛА успешно используются при картировании и отслеживании состояния земной коры. Летательные устройства в этом случае выступают в качестве альтернативы спутниковой съёмке. Среди преимуществ БПЛА перед традиционным методом сбора информации можно выделить скорость работы, точность данных и качество

¹¹ Печенкина Юлия Алексеевна, студентка группы ПСЖД-13, ИТСПС

² Дворянкина Елена Владимировна, ст. преп. кафедры «Безопасность жизнедеятельности и экология»

получаемого изображения благодаря применению топографических камер с разрешением 60–80 МПКС [3].

Также для исследований в области инженерной геологии и геодезии БПЛА могут быть оснащены специальными лидарами, которые мгновенно реагируют на любое изменение в состоянии земной коры.

В горнодобывающей промышленности БПЛА являются средством контроля соблюдения правил работы и отслеживания случаев несанкционированного вывоза песка, глины или другого материала из карьера. БПЛА могут использоваться и под землёй – в шахтах. Однако в этом случае они будут являться средством обеспечения безопасности, отслеживающими утечки газов и иных вредных здоровью людей веществ [4].

В области контроля состояния лесов БПЛА являются средством, позволяющим защищать их от пожаров и оценивать их состояние. Одним из способов реализации этих целей выступает картирование, упомянутое выше. Ранее с целью создания карт местности использовались спутники (рисунок 1), которые не предоставляли достаточной точности изображения [5].



Рис. 1. Снимок лесной местности со спутника

При лазерном сканировании территории возможно получить наиболее точное изображение местности. Благодаря этим снимкам (рисунок 2) можно не только составить детализированную карту, но и проанализировать состояние лесных массивов [6]. Если проводить подобное исследование регулярно и сравнивать полученные снимки, можно отслеживать изменения в состоянии деревьев, густоте леса, площади вырубки и т.д.

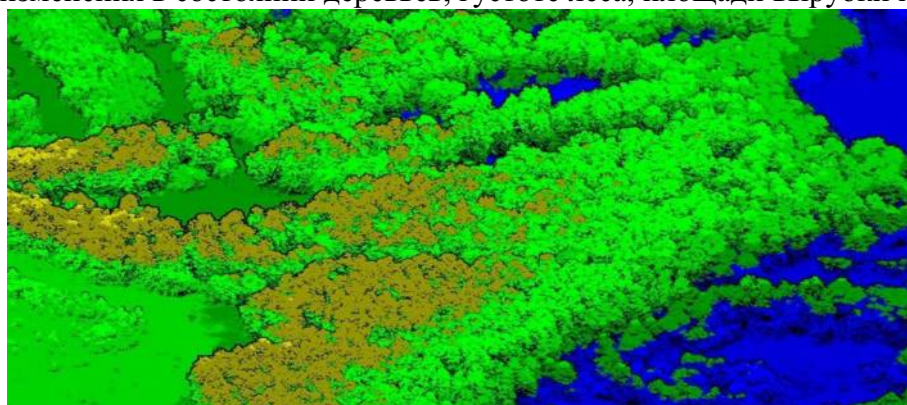


Рис. 2. Результат сканирования лесной местности

Эта технология отличается высоким уровнем точности (5–8 см) и углом охвата (1–1,5 км).

Она позволяет оценить масштаб последствий, вызванных обширными пожарами или массовой вырубкой лесов, и разработать план по дальнейшему восстановлению местности. При этом БПЛА могут не только оценить состояние лесного массива в целом, но и составить классификацию деревьев в нём благодаря свёрточной нейронной сети, функционирующей на базе изображений, полученных при съёмке.

Число недостатков БПЛА в этом случае минимально: стоимость и необходимость обучения персонала. При этом непосредственно эксплуатация устройств не требует больших средств.

В отслеживании состояния водоёмов БПЛА также играют немаловажную роль: они позволяют проанализировать состав воды, количество вредных примесей и химикатов, а также предупредить некоторые возможные экологические проблемы. Причём анализ проводится не только на поверхности, но и на глубине. Помимо этого, благодаря БПЛА можно отследить или предсказать климатические изменения. Эта задача осуществляется благодаря отслеживанию температурных изменений и толщины льда. Для получения всех этих данных, БПЛА оснащаются дополнительными функциями и устройствами: водонепроницаемость, гидроакустические устройства, камеры и лидары, которые позволяют составить карту морского дна, а также обнаружить подводные природные ресурсы, представляющие ценность.

Главным достоинством подобных БПЛА является возможность обнаружить экологическую катастрофу на самых ранних стадиях и предотвратить её. Водонепроницаемые БПЛА позволяют засечь изменения в составе воды сразу после попадания в неё вредных веществ и направить информацию специалистам, что позволит им незамедлительно произвести анализ, оценить ситуацию и предпринять необходимые меры для ликвидации загрязнения. БПЛА в отличие от других приборов могут находиться на поверхности воды более продолжительный промежуток времени, что позволяет сделать процесс мониторинга практически непрерывным [7].

Помимо непосредственного анализа состояния воды, БПЛА могут отслеживать акты несанкционированного сброса отходов в водоёмы, а также оказывать помощь в построении пространственных моделей рельефа прибрежной зоны, береговой линии, прибрежных подводных ландшафтов.

Сегодня в Российской Федерации разработан проект создания комплексной платформы, основной целью которой является мониторинг состояния окружающей среды. Она позволяет собирать необходимую информацию при помощи БПЛА в совокупности с системами наземного наблюдения. По прогнозам экспертов, к концу 2025 года проект позволит осуществлять контроль состояния воды и почвы на трети территории страны, а к 2030 – на всей территории [8].

Заключение. БПЛА представляют собой самый точный, эффективный, безопасный и экономически выгодный метод контроля состояния окружающей среды из всех существующих. Его единственным недостатком является сравнительная дороговизна оборудования при покупке, однако в обслуживании оно обходится гораздо дешевле аналогов. Потенциал развития систем дистанционного мониторинга колоссален. Это подтверждается примерами, приведёнными выше. БПЛА являются маневренными, малогабаритными и лёгкими устройствами, которые несмотря на свою компактность могут предоставить точную информацию в больших объёмах, засечь незаконные действия, собрать пробы и провести самостоятельный анализ. Эту технологию необходимо внедрять повсеместно и продолжать развивать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ХАЙТЕК [Электронный ресурс]. URL: <https://hightech.fm/2023/02/06/dron-survive> (дата обращения 16.03.2025).
- 2 Александров В.И. Источник энергии к беспилотным летательным аппаратам (БПЛА) / В.И. Александров, В.И. Шайдунов, И.И. Салихов и др. // Актуальные исследования. 2022. №36 (115). С. 23–25. URL: <https://apni.ru/article/4577-istochnik-energii-k-bespilotnim-letatelnim> (дата обращения 16.03.2025).
- 3 Кривичев, А. И. Беспилотные авиационные технологии мониторинга сфер человеческой деятельности на примере крупнейших производителей и эксплуатантов в России / А. И. Кривичев, А. В. Залецкий // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2018. Т. 62, № 2. С. 186–195. DOI 10.30533/0536-101X-2018-62-2-186-195.
- 4 Применение беспилотных летательных аппаратов при геологоразведочных и поисково-оценочных работах / Ю.Н. Иванова, К.С. Иванов, М.К. Бондарева [и др.] // Исследование Земли из космоса. 2021. № 1. С. 78–88. DOI 10.31857/S0205961421010061.

- 5 Российские Беспилотники | Russian Drone [Электронный ресурс]. URL: <https://russiandrone.ru/services/company/vozdushnoe-lazernoe-skanirovanie/> (дата обращения 16.03.2025).
- 6 FORESTS NEWS [Электронный ресурс]. URL: <https://forestsnews.cifor.org/38566/when-are-satellite-images-most-useful-when-someone-explains-them?fnl=en> (дата обращения 16.03.2025).
- 7 Опыт и перспективы использования малых беспилотных летательных аппаратов в морских прибрежных биологических исследованиях / А.А. Дуленин, П.А. Дуленина, Д.В. Коцюк, В.В. Свиридов // Труды ВНИРО. 2021. Т. 185. С. 134–151. DOI 10.36038/2307–3497–2021–185–134–151.
- 8 О теоретических основах аэролимнологии: изучение пресных водоемов и прибрежных территорий с применением воздушных робототехнических средств / Д.С. Дудакова, В.М. Анохин, М.О. Дудаков, А.Л. Ронжин // Информатика и автоматизация. 2022. Т. 21, № 6. С. 1359–1393. DOI 10.15622/ia.21.6.10.

ЭФФЕКТИВНЫЕ ПРИЁМЫ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ

А. А. Строганова¹, Ю. А. Холопов²

Введение. Запоминание и усвоение учебного материала могут вызывать у современных студентов определенные проблемы, с развитием клипового мышления [1]. Вместе с тем, эколого-географическое образование становится все более востребованным [2,3], а преподаватели все чаще используют на занятиях видеоконтент. Сегодня технические средства позволяют сохранять большие объемы аудио-, фото-, видеоинформации. Есть ли место в новых условиях традиционным конспектам?

Цель работы заключается в анализе усвоения видеоматериала с использованием конспектирования и без него. **Задачей** исследования является выявление наиболее эффективного варианта восприятия информации студентами путем практического исследования вопроса.

Гипотеза: журналистские видеосюжеты, затрагивающие изучаемые студентами темы, могут быть использованы в качестве учебного материала, но усвоение информации из них происходит более успешно при конспектировании ключевых моментов. В ходе исследования были использованы следующие **методы:** анализ информационных ресурсов, проведение практических исследований с участием студентов.

Суть исследования заключалась в анализе результатов опроса студентов после просмотра видеосюжетов, посвященных особо охраняемым природным территориям Самарской области. Данный видеоконтент предназначен для широкого круга телезрителей, не является специально созданным учебным фильмом или видеолекцией, но содержит основную информацию, относящуюся к изучаемой теме, содержащейся в рабочей программе дисциплины «Инженерная экология». Для чистоты эксперимента были выбраны два сюжета одинаковой продолжительности (до 15 мин.), снятые одной и той же съемочной группой телеканала «Самара–ГИС». Данные условия были необходимы, чтобы исключить возможность возникновения погрешностей, вызванных разницей в объеме представленной информации и способе ее подачи (который может отличаться у каждой съемочной группы). В ходе эксперимента авторские права не нарушались, поскольку показ осуществлялся с официального сайта телекомпании и использовался в некоммерческих целях.

Идея проведения такого эксперимента возникла благодаря ряду фактов:

- во-первых, это внедрение в практику нестандартных подходов к эколого-географическому просвещению, таких, например, как «НЕурок географии» от Русского географического общества;
- во-вторых, это увеличение частоты демонстрации видеоконтента на занятиях преподавателями вуза;

¹ Строганова Августа Александровна, студентка группы ПСЖД-23, ИТСПС

² Холопов Юрий Александрович, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и экология»

- в-третьих, преобладание отношения студентов к видеоконтенту как к развлекательному, а не обучающему;
- в-четвертых, ухудшение памяти подрастающего поколения, а также проблемы с отбором ключевой информации из большого массива данных.

К участию в эксперименте были привлечены студенты ИТСПС, ИУЭ, ЭТФ. Участие в эксперименте было добровольным, многие студенты изъявили желание поучаствовать в данном исследовании, чтобы в дальнейшем более эффективно изучать предложенный материал. В настоящий момент данные находятся в обработке, предварительные результаты будут представлены на примере обработанной группы участников – представителей ИТСПС.

Подобные эксперименты уже проводились ранее в более крупных масштабах. Приведем самые известные из них:

Исследование специалистов из Национального университета Сингапура. В эксперименте участвовали студенты, которым показывали серию видеолекций. Одни могли конспектировать лекции, другие – только фотографировать слайды, третьи – лишь запоминали информацию, не делая записей или снимков. После лекций участников протестировали, чтобы узнать, насколько хорошо они запомнили пройденный материал. Студенты, которые делали записи от руки, показали лучшие результаты, чем те, кто делал фото и мог сохранить 100 % данных [4].

Исследование учёных Токийского университета. Участникам предложили составить вымышленное расписание дел на два месяца вперёд – записать его от руки на бумаге, стилусом на планшете или сохранить в календаре на смартфоне. Оказалось, что те, кто делал записи на бумаге, запомнили расписание на 25 % лучше [5].

Стоит отметить, что для журналистских работ характерна большая информационная насыщенность сюжета (в одной минуте может быть представлено от 1 до 3–5 фактов), эмоциональность подачи материала, возможность синхронизировать аудиоинформацию и видеоряд в одном продукте. Студентам проще запоминать информацию, которая влияет на несколько каналов получения информации (звуковой и визуальный). Кроме того, лучше запоминается информация, которая ассоциативно закрепляется в памяти человека – видеоматериалы автоматически предлагают такую ассоциацию. Грамотно поставленная речь и качественно подобранный визуальный контент привлекают внимание и заставляют с большим интересом впитывать поступающую информацию. К тому же в журналистских сюжетах часто используются «синхроны» – выступления экспертов, участников событий и т.п., что позволяет получать информацию от первого лица, а журналист обычно дает закадровый комментарий.

К недостаткам данного способа подачи обучающего материала можно отнести ту же информационную насыщенность, что часто не позволяет сконцентрироваться на главном. Студенту приходится пропускать через себя большое количество важной информации за короткий промежуток времени, что приводит к частичной потере этой информации или её искажению, когда несколько подряд идущих фактов сливаются в один. В видеоматериале могут присутствовать фактические ошибки, оговорки, неточности (поэтому необходимы комментарии преподавателя). Кроме того, большое значение имеет речь автора сюжета и грамотная постановка кадров, чтобы видеоматериал вызывал интерес, а не раздражение, вызванное плохой съемкой или сложностью восприятия информации, когда кадры меняются слишком быстро и перегружают мозг.

В начале осеннего семестра в ПривГУПС был реализован просветительский проект Русского географического общества «НЕурок географии». «НЕурок географии» прошел в формате видеопутешествия в Жигулевские горы (просмотр телепередачи Самара–ГИС) с последующей викториной и написанием эссе на тему: «Жигули – сокровищница мировой цивилизации». Участие в данном проекте показало студентам, насколько важно вести записи при просмотре видеоконтента. Благодаря такому опыту участники эколого–географического проекта осознали необходимость внимательного отношения к просмотру видеоматериалов, а также научились выделять ключевые моменты из большого массива информации.

В этом семестре началась реализация эксперимента, в рамках которого студентам было предложено посмотреть два видеосюжета. Каждый видеосюжет просматривался дважды. Первый сюжет сначала предлагалось посмотреть без конспектирования, а после ответить на 15 вопросов, которые были приведены в хронологическом порядке, согласно упоминаниям фактов в сюжете. Все вопросы были с открытым ответом. Дальше был повторный просмотр сюжета, участники могли вести конспект, а во время ответа на те же вопросы воспользоваться им. Процент правильных ответов заметно увеличился при использовании конспекта.

Второй сюжет предлагалось просматривать с параллельным ведением конспекта. Но во время первой попытки после просмотра при ответах на вопросы пользоваться конспектом запрещалось. Процент правильных ответов был уже на уровне второго эксперимента с первым сюжетом. Далее студентам было предложено посмотреть сюжет второй раз, при необходимости дополнить свои конспекты. Во время ответа на те же вопросы разрешалось пользоваться конспектом – результаты улучшились практически в 1,5 раза.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что ведение конспекта во время просмотра видеоматериала помогает лучше усвоить информацию, систематизировать ее, запомнить наиболее важные моменты. Использование же конспекта в дальнейшем помогает закрепить материал без необходимости дополнительного просмотра всей информации, а только с помощью повторения ключевых моментов.

Количество попыток конспектирования также влияет на результат – чем чаще повторялась информация, тем лучше получался результат.

Таким образом, выдвинутая гипотеза была подтверждена – журналистские видеосюжеты могут служить учебным материалом, усвоение которого происходит более успешно при конспектировании ключевых моментов. Важно, что студенты-участники эксперимента на своем примере ощутили разницу в усвоении материала, и теперь, будем надеяться, смогут грамотно пользоваться предоставляемыми возможностями изучения различных предметов с использованием видеоконтента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Землинская Т.Е., Ферсман Н.Г. Методики вузовского обучения в контексте клипового мышления современного студента // Terra Linguistica. 2016. №4 (255). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodiki-vuzovskogo-obucheniya-v-kontekste-klipovogo-myshleniya-sovremennogo-studenta> (дата обращения: 05.05.2025).
- 2 Создание основы устойчивого развития и оптимизации природопользования России через эколого-географическое просвещение / А. С. Некрич, Р. Д. Панов, С. К. Костовска [и др.] // Проблемы региональной экологии. 2019. № 1. С. 71–77. DOI 10.24411/1728–323X–2019–11071.
- 3 Савватеева О.А. Современное экологическое образование: российский и международный опыт / О. А. Савватеева, А. Б. Спиридонова, Е. Г. Лебедева // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 5. С. 26. EDN UEEQPC.
- 4 Wong, S. S. H., & Lim, S. W. H. (2023). Take notes, not photos: Mind-wandering mediates the impact of note-taking strategies on video-recorded lecture learning performance. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 29 (1), 124–135. <https://doi.org/10.1037/xap0000375>
- 5 Umejima K, Ibaraki T, Yamazaki T and Sakai KL (2021) Paper Notebooks vs. Mobile Devices: Brain Activation Differences During Memory Retrieval. *Front. Behav. Neurosci.* 15:634158. doi: 10.3389/fnbeh.2021.634158

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

Организация и управление процессами перевозок и грузовой работой. Проблемы безопасности на железнодорожном транспорте

Андреева Е. А., Иванчин С. Ю. Совершенствование работы грузовой станции	3-5
Водолазова Д. В., Бондаренко О. А. Организация железнодорожного тура	6-8
Зенкова Д. В., Халаева С. Н. Логистика пассажирских перевозок в условиях развития высокоскоростных магистралей в России: вызовы и возможности на 2025–2026 годы	9-14
Ибрагимова М. Р., Бондаренко О. А. Оптимизация технологии работы железнодорожной станции.....	14-16
Чиженкова М. О., Бондаренко О. А. Мероприятия по совершенствованию работы станции Н.....	16-20
Кулямин К. А., Клюканов А. В. Дистанционный контроль уровня налива нефти и нефтепродуктов в цистернах	20-22
Моисеева Е. Д., Кононов И. И. Способы противодействия атакам беспилотных летательных аппаратов	22-24
Петрова У. И., Варламов А. В. Маглев: основные принципы работы и перспективы внедрения	25-27
Андреева Е. А., Варламова Н. Х. Перевозка небольших партий грузов в составе ускоренных контейнерных поездов в рамках комплексной услуги.....	27-30
Киреева О. Д., Мазько Н. Н. Современные технические средства для закрепления подвижного состава	31-33
Луцкая М. И., Мазько Н. Н. Инновационные средства механизации и автоматизации сортировочных горок.....	33-35

СЕКЦИЯ 2

Подвижной состав железных дорог, муниципальный пассажирский транспорт и транспортная техника

Абуняев Д. С., Свечников А. А. Интеллектуальное управление запуском и остановкой силовой установки тепловоза в зимнее время.....	36-38
Букарова А. Е., Ляшенко В. В. Основные принципы и процесс движения поезда.....	38-40
Ваулин В. А., Муратов А. В. Применение систем компьютерного зрения на тяговом подвижном составе полигона Горьковской железной дороги	40-42
Ваулин В. А., Сосевич Н. М. Использование БПЛА для проверки габарита подвижного состава при вынужденных остановках на перегоне	42-43
Костин Д. О., Свечников А. А. Инновационный радиатор тепловоза.....	43-45
Кулишов И. К., Муратов А. В. Улучшение световых показателей тягового подвижного состава	45-47
Кулямин К. А., Ляшенко В. В. Тяга поездов на различных типах рельсовых путей	48-49

Лебедев А. В., Муратов А. В. Повышение эффективности работы дизелей тепловозов в эксплуатации	50-51
Новожилов И. В., Ваулин В. А., Сосевич Н. М. Культура безопасности при эксплуатационной работе	51-53
Солдатов А. В., Свечников А. А. Реверс инжиниринг иностранных комплектующих локомотивов	54-55
Бобылев В. В., Капранов Н. Н. Современные методы и средства технического содержания электрических аппаратов электровозов	56-58
Круглова Е. И., Ляшенко В. В. Проблемы и перспективы перевода на электрическую тягу железных дорог России	58-60
Лопатько М. В., Свечников А. А. Внедрение методов 5D печати металлом для изготовления деталей локомотивов.....	60-62
Марданов Е. А., Анахова М. В. Повышение надежности силовых цепей электровоза 2ЭС6	62-65
Неклюдов А. В., Калякулин А. Н. Применение тренажерных комплексов для учебного процесса образовательной организации	66-68
Чердымова Д. Д., Ляшенко В. В. Техничко-экономические преимущества электрической тяги	68-70
Бусов В. В., Старикова А. Г. Использование альтернативного автономного освещения пассажирских платформ пригородного сообщения	70-73
Зюганов А. А., Киселев Г. Г. Бесконтактное измерение геометрических параметров колесных пар подвижного состава на ходу поезда.....	73-78
Лазаревич Н. В., Киселев Г. Г. Автоматизация контроля буксовых узлов на подходах к ПТО	78-81
Печенкина Ю. А., Половинкина А. Ю. Система технического зрения на основе искусственного интеллекта для контроля технического состояния вагонов.....	81-83

СЕКЦИЯ 3

Железнодорожный путь и строительство

Капишников Г. П., Соколова С. В. Повышение физико-механических характеристик бетонов специального назначения с использованием отходов промышленных производств	84-86
Федчун Б. И., Соколова С. В. Структурная модификация композитов специального назначения	86-88
Бусалова В. М., Жвавая А. А., Власова С. Е. Концепция покровных оледенений кайнозойской эры в реконструкции геологической истории земли	89-92
Дмитриев С. В., Белко А. С., Власова С. Е. Связь субдукционного и плюмового магматизма и их влияние на глубинную геодинамику	92-96
Дмитриев С. В., Галлямов Д. И. Проведение геодезических изысканий с применением информационных технологий при проектировании железнодорожных линий	96-100
Белко А. С., Галлямов Д. И. Применение информационных технологий при проектировании новых железнодорожных линий.....	101-105

Грекова Д. В., Баранов А. С. Измерение деформаций металлических пролетных строений железнодорожных мостов.....	105-109
Жвавая А. А. Международный опыт развития высокоскоростного движения и перспективы его применения в России	110-113
Жвавая А. А., Кадыров Т. Р. Проектирование выдвижного железнодорожного моста: задумка и возможности реализации	113-116
Доронина М. А., Кадыров Т. Р. Отслеживание инвентарных рельсов.....	116-119
Касимова К. Н., Кадыров Т. Р. Причины возникновения пробоев изоляции на тягах стрелочных переводов и пути их решения	119-121
Белко А. С., Кадыров Т. Р. Обеспечение безопасности движения поездов вблизи мест выхода крупнорогатого скота на путь	122-125
Бусалова В. М. Исследование свойств бетонов, полученных с применением шлаков промышленных производств.....	125-128
Доронина М. А., Баранов А. С. Железобетонные шпалы с применением композитных материалов	128-133
Филиппов И. С., Иванов Б. Г. Гармонический анализ болто-сварного металлического балочного пролетного строения	134-136

СЕКЦИЯ 4

Автоматизация, информатизация, телекоммуникации и энергосбережение на железнодорожном транспорте

Грачев Д. А., Бредун И. С. Сравнение подходов к предиктивной аналитике при использовании в железнодорожных системах	137-138
Диязитдинов Р. Р., Пискарёва В. П. Использование перемежения в технологической цифровой радиосвязи стандарта Tetra.....	138-140
Стаценко В. Е., Надежкина С. А. Особенности передачи пакетов данных в сетях железнодорожной автоматики и телемеханики.....	141-143
Тарасов Е. М., Мусин А. Р. Анализ предотказных состояний рельсовых цепей в системах технической диагностики и мониторинга ЖАТ	143-147
Шестакова Е. Ю., Башаркин М. В. О возможности применения квадрокоптеров при техническом обслуживании устройств железнодорожной автоматики и телемеханики.....	147-149
Баева В. С., Путько В. Ф. Возобновляемые источники энергии	150-151
Уринов А. Р., Путько В. Ф. Шаровая молния.....	152-156
Хозяинова Е. А., Путько В. Ф. Электромагнитные ускорители.....	156-158
Махалов К. А., Добрынин Е. В. Проект модернизации тяговой подстанции с разработкой цифровой защиты	159-161
Надеждина А. С., Лабунский Л. С. Проект реконструкции распределительной подстанции	162-165
Тарасенко А. В., Табаков О. В. Цифровая тяговая подстанция	165-166
Ивлева А. В., Засов В. А. Оценка усталостной прочности изделий при транспортировке по железной дороге	167-169
Рамазин Н. И., Сандлер И. Л. Автоматизированная система диспетчеризации и управления углепогрузочным комплексом загрузки железнодорожных полувагонов.....	170-171

Манаськин Н. А., Сандлер И. Л. Разработка АРМ для удаленного управления грузоподъемными механизмами	172-173
Демичева Е. А., Фатеев В. А. Разработка конфигурации на платформе 1С: предприятие для учёта деятельности стажёров.....	174-176
Кашлаков Д. А., Засов В. А. Алгоритм обнаружения малозаметных искажений в потоках медиаданных	177-179
Ивлева А. В., Засов В. А. Развитие системы мониторинга динамических воздействий на перевозимые по железной дороге грузы	180-183
Чапланов И. С., Засов В. А. Моделирование сигнального близнеца на основе анализа временных рядов с использованием авторегрессионного подхода	184-186

СЕКЦИЯ 5

Проблемы экологии, безопасности жизнедеятельности и охраны труда на железнодорожном транспорте

Корякова К. А., Мартыненко К. М., Холопов Ю. А. Зелёные крыши и вертикальные сады как элементы устойчивых городов.....	187-190
Печенкина Ю. А., Дворянкина Е. В. Экологический мониторинг на основе БПЛА ...	191-194
Строганова А. А., Холопов Ю. А. Эффективные приёмы эколого-географического просвещения	194-196

Научное издание