



РОСЖЕЛДОР  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ростовский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО РГУПС)

---

**Научно-техническая библиотека**  
**ДАЙДЖЕСТ**  
**Перспективные технологии развития**  
**отрасли железнодорожного транспорта**  
**I КВАРТАЛ 2025**



**Ростов-на-Дону**

**Составитель: главный библиотекарь НТБ О.П. Сокирка**

## Оглавление

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Интервальное регулирование движения поездов на малодеятельных участках .....                                                                | 5  |
| Применение онтологий в управлении транспортом.....                                                                                          | 7  |
| Обмен данными между подвижным объектом и его цифровым двойником..                                                                           | 10 |
| О повышении эффективности обслуживания устройств ЭЦ .....                                                                                   | 13 |
| Информационная система технического зрения.....                                                                                             | 14 |
| Новые опции в мобильном приложении.....                                                                                                     | 17 |
| Железным дорогам – инновационные разработки компании «РМ РЕЙЛ» ....                                                                         | 18 |
| Многоосные вагоны как одно из средств повышения провозной способности полигонов .....                                                       | 22 |
| В Китае произведена первая партия вагонов из композитных материалов на основе углеродного волокна .....                                     | 24 |
| О задачах по развитию тяжеловесного движения .....                                                                                          | 25 |
| Перспективы организации движения поездов повышенной массы и длины .                                                                         | 27 |
| Перспективы контейнерных перевозок угля .....                                                                                               | 30 |
| В Китае завершились испытания беспилотного тяжеловесного грузового поезда.....                                                              | 32 |
| В Чили начали разработку и тестирование прототипа поезда на водородном топливе .....                                                        | 34 |
| Локомотивные блоки индикации нового поколения.....                                                                                          | 35 |
| Подведен итог первого года эксплуатации высокоскоростной магистрали...                                                                      | 38 |
| Разработка конструкции и технологий содержания железнодорожного пути, обеспечивающих наработку 2,5 млрд т брутто пропущенного тоннажа ..... | 39 |
| Стрелочные переводы типа Р65 марки 1/11 в условиях обращения поездов повышенной массы и длины .....                                         | 42 |
| FRV эффективность: осмотры искусственных сооружений с помощью инновационных технических средств .....                                       | 44 |
| Применение балок с гофрированной стенкой в мостовых сооружениях.....                                                                        | 45 |
| Определение геометрических параметров пути по данным БПЛА с помощью технического зрения .....                                               | 47 |
| Перспективы применения полимерных композиционных материалов для шпал .....                                                                  | 49 |

|                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Термическая обработка рельсов быстро движущимся потоком воды .....                                                                                               | 51 |
| Балка повышенной несущей способности для пролетных строений мостов .                                                                                             | 53 |
| Программа переводчик транспортных расписаний в машиночитаемый формат для построения и анализа математических моделей.....                                        | 55 |
| Повышение эффективности технической маршрутизации на основе моделирования транспортного потока в железнодорожной сети .....                                      | 57 |
| Цифровые технологии в железнодорожной отрасли.....                                                                                                               | 59 |
| Инновации на железнодорожном транспорте в России и их влияние на экономическое развитие регионов .....                                                           | 62 |
| Опыт КНР в области оснащения технологической радиосвязью высокоскоростных железных дорог .....                                                                   | 66 |
| Совершенствование государственного управления железнодорожным транспортом (на примере высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург)..... | 68 |
| Оценка возможности модернизации пассажирских вагонов для грузовых перевозок на высокоскоростных магистралях .....                                                | 71 |
| Новые одноэтажные поезда Coradia Stream .....                                                                                                                    | 73 |
| Концепция технологии цифровых двойников для мониторинга энергоэффективности системы тягового электроснабжения .....                                              | 74 |
| Применение гибридных вольтодобавочных трансформаторов для управления режимами работы системы тягового электроснабжения.....                                      | 78 |
| Моделирование электрических параметров электровоза на основе технологии «цифровой двойник».....                                                                  | 80 |
| Применение нейросетевых наблюдателей в системах управления электрическим подвижным составом .....                                                                | 81 |
| Анализ современных технических средств и технологий мобильного сервиса подвижного состава .....                                                                  | 84 |
| Увеличение пропускной способности восточного полигона при реализации тяжеловесного движения с применением технологии цифровых двойников                          | 87 |
| Влияние систем подвешивания вагонов на их эксплуатационную надежность .....                                                                                      | 89 |
| Использование аддитивных технологий в локомотивном комплексе.....                                                                                                | 91 |
| Перспективы развития волоконнооптических систем измерений.....                                                                                                   | 94 |
| Модели нейронных сетей для управления пропуском поездов .....                                                                                                    | 96 |
| Умный узел связи .....                                                                                                                                           | 98 |

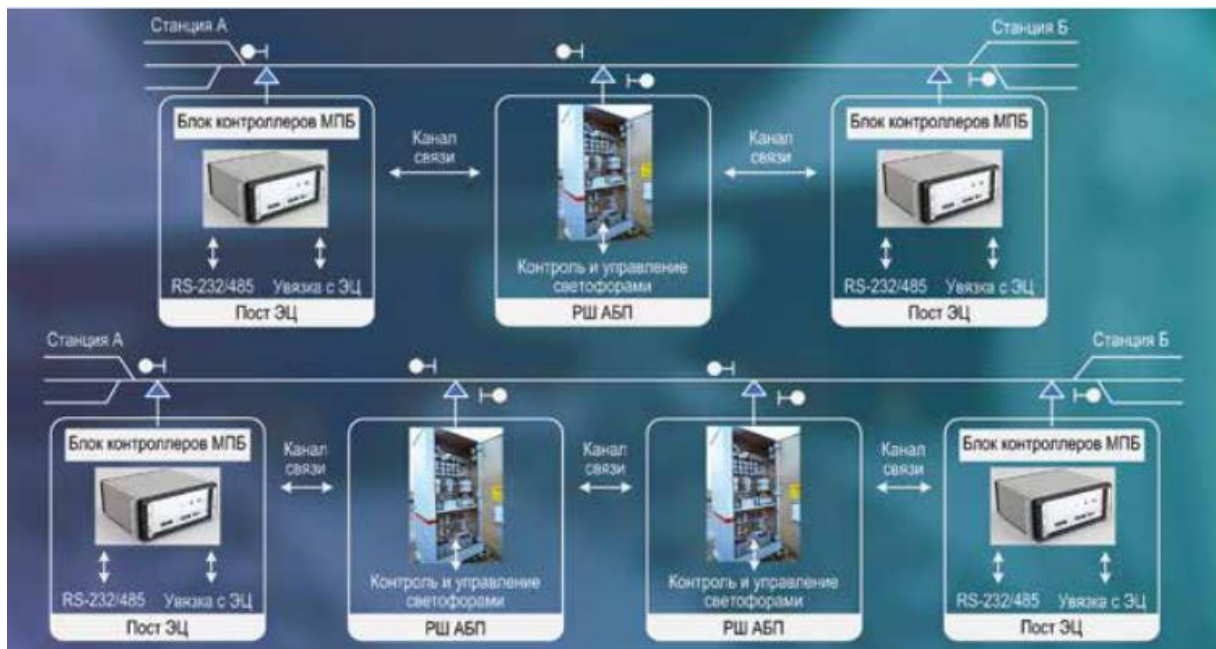
|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Новые возможности реконфигурации зон управления объектами в системах ЭЦ МПК .....                 | 100 |
| Предиктивная диагностика тепловоза с использованием искусственного интеллекта .....               | 103 |
| Использование электрических накопителей для повышения тяговых свойств автономных локомотивов..... | 106 |
| Hyperloop жив: скоро ли ждать пассажирских перелетов под землей .....                             | 108 |
| Применение технологии магнитной левитации на железнодорожном транспорте.....                      | 111 |
| Завершена разработка высокоскоростных поездов серии CR450.....                                    | 115 |
| Улучшенная модель .....                                                                           | 116 |
| Внедрена новая система .....                                                                      | 118 |
| На юг по ВСМ: что ждет пассажиров .....                                                           | 119 |

## Интервальное регулирование движения поездов на малодеятельных участках

Авторы Гимальтинов И.Р., Теткин А.Ю.

Среди функциональных ограничений релейно-процессорной блокировки можно выделить отсутствие контроля свободности/занятости перегона и принцип передачи блок-сигналов между примыкающими к перегону станциями, требующий сезонных регулировок и применения интервальное регулирование движения поездов на малодеятельных участках физического канала связи. Также в таких системах не предусмотрена подсистема диагностики, что осложняет поиск и устранение неисправностей. Все это делает перевод участков с РПБ на цифровые средства передачи информации, а также включение их в диспетчерскую централизацию затруднительным, а подчас и невозможным. Микропроцессорная полуавтоматическая блокировка относится к линейке блокировочных систем научно-производственного центра «Промэлектроника».

Областью применения МПБ является замена устаревших релейных устройств полуавтоматической блокировки, перевод участка на современные средства связи и расширение функционала полуавтоматической блокировки за счет встроенных средств контроля свободности перегона и организации на участке автоматических блокпостов. Также МПБ может стать заменой автоблокировке без промежуточных сигнальных точек в зависимости от наличия контроля свободности перегона. Структурная схема МПБ на перегоне с блокпостом представлена на рисунке.



МПБ состоит из двух одинаковых полукомплектов, размещаемых на прилегающих к перегону станциях. Каждый полукомплект включает в себя блок контроллеров МПБ с программным обеспечением, реализующим логику

полуавтоматической блокировки и схемы увязки с существующей централизацией на станции.



Встроенная функция счета осей и установленные на путях современные датчики ДКУ позволяют контролировать свободу перегона любой протяженности. Блок МПБ может размещаться не только на станции, но и в типовых релейных шкафах или существующих модулях. Это значительно снижает стоимость строительства при переоборудовании действующих перегонов с РПБ на МПБ.





Для реализации функций диагностики и архивирования работы оборудования и действий дежурного по станции МПБ оснащается автоматизированным рабочим местом электромеханика (АРМ МПБ). Оно имеет интуитивно понятный интерфейс, встроенную интерактивную справку, а архивные данные формируются в текстовом формате. Для применения МПБ предусмотрены следующие варианты:

- без контроля свободности перегона;
- с контролем свободности перегона внешними подсистемами;
- с контролем перегона встроенными средствами счета осей с использованием напольной аппаратуры счета осей.

При проектировании предпочтительно использовать третий вариант, так как он обладает рядом преимуществ: минимальное количество дополнительной аппаратуры (на границах контролируемого перегона устанавливается по одному счетному пункту, которые подключаются двухжильным кабелем непосредственно к блокам МПБ), отсутствует ограничение на длины контролируемого перегона.

Сейчас утверждены и апробированы технические решения, предусматривающие организацию на перегоне до 10 автоматических блокпостов. Логика зависимостей блокпоста в МПБ выполняет контроллер, идентичный станционному. При организации нескольких автоматических блокпостов на одном перегоне система МПБ может выступать альтернативой автоблокировке на счете осей. Количество блокпостов зависит от требуемой пропускной способности участка, его длины и допустимой скорости движения. Срок окупаемости системы МПБ без контроля перегона не превышает 3х лет, что указывает на высокую эффективность и целесообразность реконструкции средств ЖАТ.

Вариант внедрения МПБ с контролем перегона более затратный, однако и этот вариант является эффективным, поскольку срок окупаемости значительно меньше срока полезного использования оборудования. В настоящее время полуавтоматическая блокировка МПБ эксплуатируется на железных дорогах магистрального и промышленного транспорта в России, Грузии, Узбекистане, Казахстане, Белоруссии, Армении и странах Прибалтики.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_75184531\\_47062051.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_75184531_47062051.pdf)

## **Применение онтологий в управлении транспортом**

Авторы Розенберг И.Н., Цветков В.Я.

На современном этапе применение онтологий становится необходимостью в сфере беспилотного и интеллектуального транспорта, которые относятся к моделям знаний и позволяют использовать онтологический опыт для принятия решений.

Это особый вид опыта, который сокращает время принятия решений при большом объеме данных для сложных ситуаций. Можно отметить некоторые

онтологические подходы при управлении транспортом. Например, для повышения надежности грузоперевозок используют онтологии транспортных сетей (OTN). Их особенность состоит в том, что они конструируются на основе файлов геоданных. Следует отметить, что пока нет общих методов формирования транспортных онтологий, они создаются для решения только частных задач, в том числе для моделирования логистики. Примером может служить онтология транспортных сбоев, которая представляет собой структурные схемы моделирования событий при планировании движения поездов.

Теорию онтологий рассматривают как теорию анализа, связанную с выделением типов, свойств объектов и связи их сущностей. По степени иерархии различают формальные, описательные, предметные и частные онтологии. Схема их формирования приведена на рисунке, где цифрами обозначены: 1 – частные, 2 – предметные, 3 – формальные онтологии (описательные на схеме не показаны).



Исследования показали возможность применения онтологий в цифровом управлении. Это обусловлено возможностью цифровых технологий автоматически осуществлять интеграцию данных для построения связанной



системы данных. Кроме того, сами онтологии можно задействовать для интеграции данных. Это инкрементный (связанный с приращением) процесс: первоначально интеграцию данных применяют для создания онтологий, которые затем используют для большей интеграции данных. Для создания связанной системы данных интеграция осуществляется через частные технологические схемы, поскольку общая методика построения прикладных онтологий отсутствует.

Растущее применение информационно-коммуникационной технологии в транспортной отрасли дает возможность автоматически собирать сведения от подвижных объектов. Состояния объектов, связанных с пространственным перемещением, можно контролировать с помощью коммуникационных и космических технологий. Однако здесь возникает некоторая проблема: чем больше объемы собираемых данных, тем значительнее неоднородность, которая формирует дополнительные контексты.

Большие данные ставят проблему предобработки информации, выявления ее неоднородности и согласования. Одно из решений этой проблемы заключается в использовании информационных моделей и информационных единиц. После систематизации первичной информации можно строить онтологии, которые сами могут помочь дальнейшему конструированию и получению знаний для создания новых онтологий.

Транспортные онтологии формируют общее представление знаний в транспортной инфраструктуре. Они не только создают модели знаний, но и влияют на стратегический статус компании. Это позволяет структурировать управленческую информацию для принятия решений по ситуации, в которой перемещается подвижный объект. Транспортные онтологии могут быть сформированы в цифровой форме, что дает возможность использовать их в компьютерных и интеллектуальных технологиях управления. Для организации семантики (зона 2 на рисунке) применяют методы искусственного интеллекта, благодаря чему решается проблема организации семантики больших данных и в больших масштабах.

Онтологии, а также графовые базы данных применяют как инструмент удовлетворения потребности в условиях больших данных. При формировании транспортных онтологий задействована технология маркировки информации – процедура, относящаяся к области интеллектуального управления. Маркировка в контексте искусственного интеллекта состоит в добавлении описательной информации к данным. Нет необходимости применять онтологии для управления обычным транспортом, они целесообразны в сложных ситуациях, при высокоскоростном движении. Кроме того, они являются обязательными при беспилотном движении и киберфизическом управлении транспортом.

Онтология – инструмент интеллектуального управления, опыт использования которой ставит задачу разработки направления для управления интеллектуальным транспортом. Таким образом, развитие технологий

управления транспортом логически приводит к использованию онтологии, которая представляет собой модель знаний.

Таких моделей может быть много по типу предметной области (транспорт, строительство) и по степени обобщения информации. Зарубежный опыт дает основание ввести обобщающее понятие «транспортная онтология». Развитие беспилотного, интеллектуального и киберфизического транспорта требует применения онтологического моделирования. Онтологическая неопределенность в управлении транспортом – перспективная область исследования, в первую очередь для беспилотного транспорта. Применение онтологии в управлении означает смену эпохи управленческой информации на эпоху управленческих знаний.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_75184533\\_75269448.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_75184533_75269448.pdf)

### **Обмен данными между подвижным объектом и его цифровым двойником**

Авторы Скорик А.Д., Савонин В.В., Слободсков О.Е.

В Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации среди основных направлений развития информационных и коммуникационных технологий определен интернет вещей (IoT). Внедрение решений IoT в производственных компаниях зачастую ограничивают аспекты нормативно-правового характера и обеспечения безопасности передаваемой информации и информационной безопасности в целом. Цифровой двойник (ЦД) представляет собой систему из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с ним и (или) его составными частями.

В ОАО «РЖД» цифровые двойники подвижного состава позволяют прогнозировать загрузку железнодорожных путей, определять оптимальные маршруты, рассчитывать стоимость эксплуатации подвижного состава и путевого оборудования, вырабатывать оптимальные режимы эксплуатации всей транспортной сети и др. Для получения экономического эффекта от использования ЦД стоимость внедрения решений двусторонней связи для IoT должна быть сопоставима или даже ниже услуг мобильной связи. Только тогда можно говорить о значительном росте развития указанных технологий. Целесообразно обратить внимание на сетевые технологии, обеспечивающие передачу информации в условиях непредсказуемых перерывов и задержек. К ним относятся протоколы архитектуры dTN.

В предлагаемом решении двусторонняя информационная связь между подвижным объектом и его цифровой моделью осуществляется по протоколам, устойчивым к задержкам. Решение задачи по организации процесса передачи данных в гетерогенной сети «подвижный объект – цифровой двойник» предложено реализовать путем применения для передачи информации bundle протокола dTN. Такая необходимость продиктована несколькими факторами:

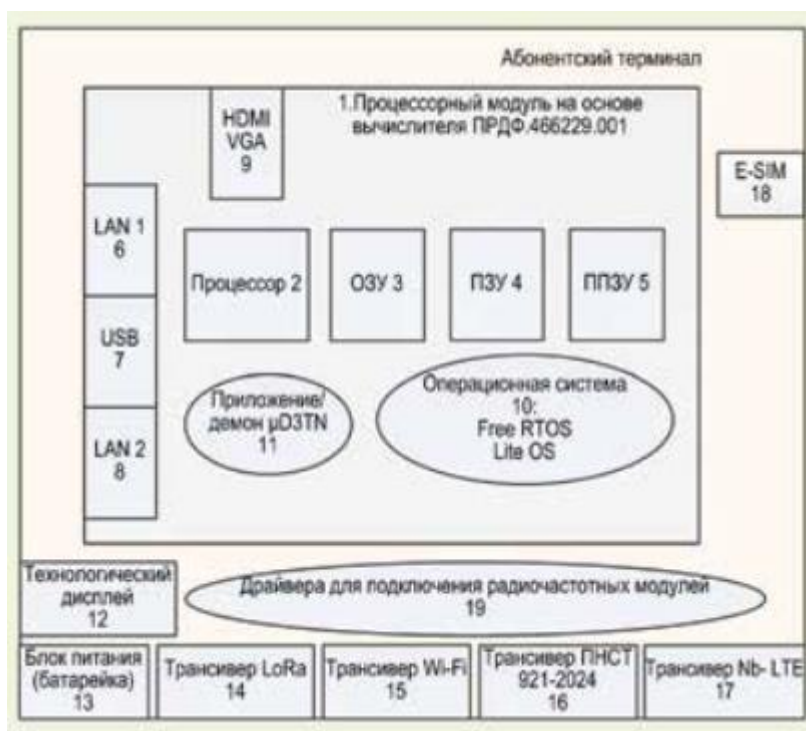
– возникновение ситуации, когда между объектом и его цифровой моделью отсутствует работоспособный маршрут передачи данных, но возможна составная передача от «узла к узлу» при появлении связи между соседними узлами;

– при наращивании количества абонентов dTN возможно их объединение в сеть, что приведет к повышению надежности и своевременности доставки данных.

Протокол уровня приложений dTN (disruption Tolerant Networking – протокол, устойчивый к задержкам) разработан для решения проблем TCP/IP протокола в сетях с большими временными задержками передачи сообщений. Этот протокол оперирует специальными блоками данных – бандл (bundle), представляющими собой сообщение, содержащее не только значимое для приложения содержимое, но и информацию, необходимую для маршрутизации. Узлы dTN, обмениваясь бандлами, хранят их.

Авторами статьи предлагается прототип абонентского терминала, технической основой которого стало расширение арсенала устройств, применяемых для внедрения технологии цифровых двойников любого подвижного объекта на этапах испытаний и эксплуатации. Система обмена информацией может быть выполнена в корпусе произвольной формы (конформное исполнение) для эргономичной интеграции с корпусом подвижного объекта.

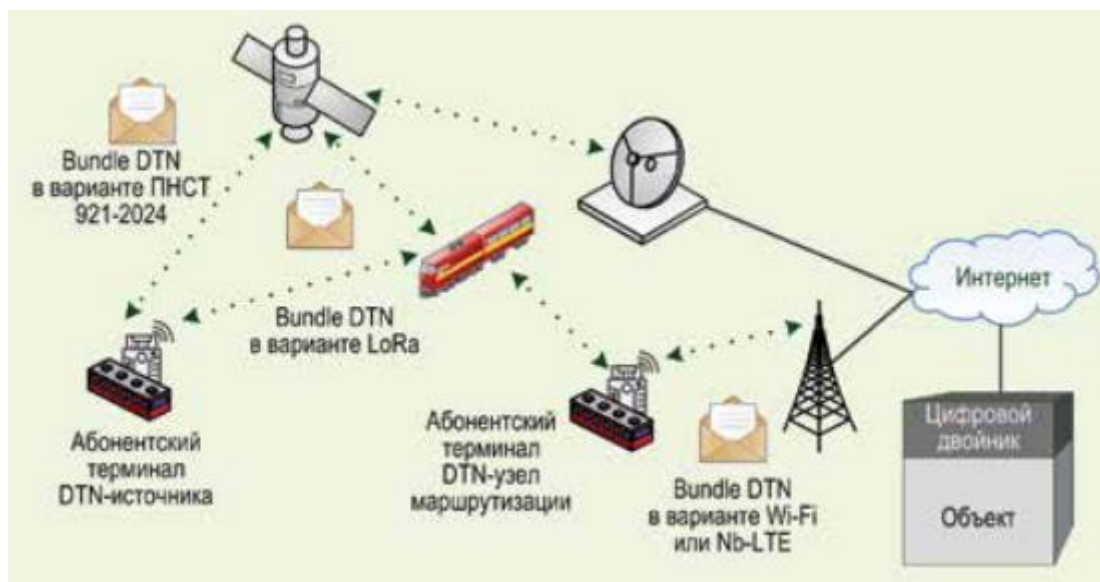
В технической основе используется одноплатный вычислитель ПРДФ.466229.001 (микро ЭВМ подобная Raspberry Pi, Banana Pi и др.). Вычислитель представляет собой многослойную печатную плату, которая соединяет обязательные порты и блоки устройства.



Очевидно, что на узловых и крупных сортировочных станциях, объектах с высоким пассажиропотоком проблем с инфраструктурой связи не возникает. Предлагаемый авторами способ передачи информации и облик абонентского устройства в наибольшей степени подойдут для применения в местах с низкой интенсивностью движения и слабо развитой в техническом отношении инфраструктурой. При наращивании количества абонентов dTN возможно их автоматическое объединение в сеть, что приведет к увеличению сетевой связности объектов на основе непосредственно самих абонентских терминалов и, как следствие, к повышению надежности и своевременности обмена данными между подвижным объектом и его цифровым двойником.

Для непосредственного обмена данными с использованием абонентских терминалов предлагается в их составе задействовать трансивер LoRa. Набор трансиверов не является статичным и жестко закрепленным, поскольку специальное программное обеспечение  $\mu$ d3TN реализует, в том числе, функции маршрутизатора dTN. Это же программное обеспечение формирует и обрабатывает пакеты бандлов, которыми абонентский терминал обменивается с другими абонентскими терминалами и узлами посредством протоколов передачи данных нижележащих уровней в зависимости от выбора трансивера.

Таким образом, пакеты бандлов формально независимы от нижележащих уровней, а правила маршрутизации, хранения и пересылки определяются на более высоком уровне архитектуры dTN.



Одним из сдерживающих факторов перехода к цифровой экономике является сложность применения цифровых двойников реальных промышленных изделий на этапе их эксплуатации. Технологии IoT позволяют достаточно хорошо решать эту проблему для стационарных объектов, а также опираться на развернутую инфраструктуру сетей сотовой связи (NbLTE) и WiFi. Однако отсутствуют проработанные решения для подвижных и стационарных объектов в условиях непрогнозируемых разрывов связи и

задержек. В статье предложен вариант решения такой задачи с применением абонентского терминала архитектуры dTN, а также облик абонентского терминала, применимого в подобных системах.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_75184535\\_98233621.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_75184535_98233621.pdf)

## **О повышении эффективности обслуживания устройств ЭЦ**

Авторы Обоскалов А.Г., Щиголев С.А., Разгонов А.П.

Технические средства электрической централизации (ЭЦ) – важнейший исполнительный узел, обеспечивающий достижение эффективных эксплуатационных показателей железнодорожных линий (пропускной и провозной способностей на станциях), и, наряду с этим, установленный уровень показателей надежности и безопасности движения. На магистральных железных дорогах страны эксплуатируются свыше 130 тыс. централизованных электрических стрелок. Статистические данные свидетельствуют о том, что число отказов стрелок занимает значительную часть суммарных отказов технических средств (ТС) железнодорожной автоматики и телемеханики. Отсюда вытекает необходимость повышения качества и эффективности проведения их технического обслуживания и вместе с тем требований к уровню компетенций эксплуатационного штата.

По инициативе авторов статьи на ряде железных дорог с целью определения параметров функционирования ТС электрической централизации в эксплуатационных условиях и оценки качества и эффективности их технического обслуживания проведены некоторые дополнительные исследования. Так, результатами измерений параметров установлены отклонения от нормативных допусков, в частности, по регулировке фрикционных узлов стрелочных электроприводов, по установке напряжений на клеммах электродвигателей электроприводов в режиме работы на фрикцию.

В некоторых случаях установлено завышение напряжения питания цепей управления стрелок. Известно, что переводное усилие электропривода при работе электродвигателя на фрикцию ограничивается в связи с тем, чтобы не происходил отжим рамного рельса, а узлы крепления гарнитуры не подвергались сверхнормативным напряжениям. Это вызывает прогиб рабочей тяги электропривода, что может привести к смещению электропривода, а в некоторых случаях даже к получению ложного контроля положения стрелки.

Таким образом, регулировка фрикционного механизма стрелочного электропривода на требуемое усилие является ответственной эксплуатационной операцией. При совершенствовании существующих и разработке новых систем СЦБ с применением микроэлектронной техники необходимо подвергать жестким испытаниям и контролю узлы, ответственные за функциональную безопасность систем, добиваться, чтобы они соответствовали требованиям по обеспечению безопасности движения. Отметим, что исследованиями при разработке конструкции защитных

средств(УЗИП) от воздействия мощных электромагнитных помех тяговой сети на устройства СЦБ установлено, что двух и трехступенчатая защита считается удовлетворительной, если гасится 65 % энергии помехи.

Вместе с тем, в наиболее ответственных узлах систем целесообразно дополнительно применять встроенные элементы защиты от перенапряжений и обеспечивать контроль их работоспособности.

Авторами статьи предложены технические решения для повышения эффективности технического обслуживания устройств управления электрическими стрелками, в частности, проверен аналитический способ дистанционного измерения переводных усилий стрелочного электропривода и его применение в проектах цифровой технической диагностики, особенно важный для систем электрической централизации промежуточных станций. Кроме этого, рекомендовано расширять компетенции эксплуатационного штата, обслуживающего системы безопасности движения поездов, путем проведения занятий по изучению алгоритмов работы, устройства основных узлов систем электрической централизации и физических процессов, протекающих в них, а также методов приведения их к нормативным параметрам.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_79609520\\_48748452.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_79609520_48748452.pdf)

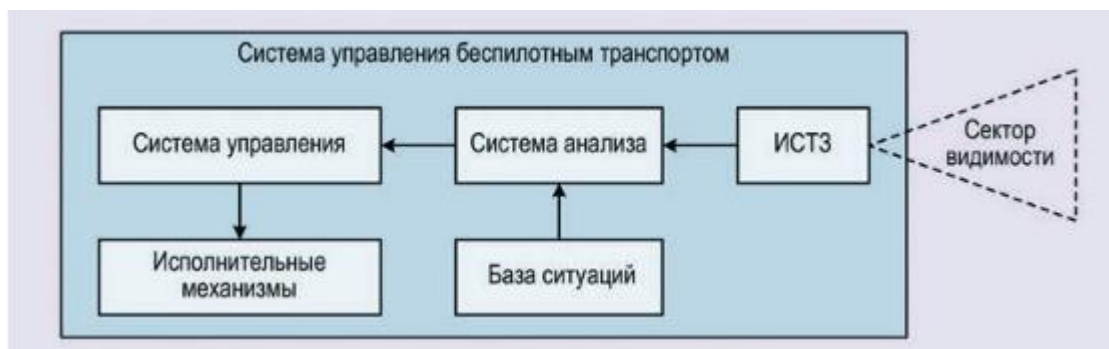
### **Информационная система технического зрения**

Авторы Цветков В.Я., Охотников А.Л.

Благодаря соединению по токового технического зрения с информационно-измерительными системами родились системы технического зрения (СТЗ). Использование базы знаний и/или библиотеки визуальных образов в сочетании с СТЗ привело к появлению информационных систем технического зрения (ИСТЗ), которые часто называют упрощенно СТЗ. Однако именно ИСТЗ оказались достаточными для поддержки принятия решений в управлении транспортными объектами (ТО), в том числе и для беспилотного управления. ИСТЗ становятся необходимыми для функционирования интеллектуальных транспортных (ИТС) и беспилотных авиационных (БАС) систем.

Основой управления беспилотным транспортом являются специализированные системы. Условно их можно назвать информационными, поскольку они используют информационные модели. В тоже время многие из них включают интеллектуальные подсистемы, чаще всего на базе искусственной нейронной сети(ИНС). Информационная система технического зрения входит в состав системы управления беспилотным транспортом (СУБТ), обобщенная структура которой приведена на рисунке.





Современная информационная система технического зрения представляет собой сложный программно-аппаратный комплекс, состоящий из двух подсистем.

Первая подсистема (сенсорная) является аппаратной и содержит датчики, использующие различные диапазоны волн разной физической природы. Она сканирует окружающее пространство по ходу движения транспортного объекта (ТО) для построения и моделирования информационной ситуации, а также определяет объекты, которые видны в секторе видимости ИСТЗ.

Вторая подсистема – информационная, содержащая вычислитель с информационным и программным обеспечением (ПО), в том числе часто ИНС. Она обрабатывает сенсорные данные, полученные от датчиков, входящих в состав аппаратных средств ИСТЗ. Результатом обработки служит динамическая модель информационной ситуации на пути движения ТО, а также создание основы для формирования информационных моделей сценариев движения и управляющих воздействий на ТО.

Полученные модели используются для информационной поддержки управления и принятия решения. При беспилотном движении модели применяются для субсидиарного (самостоятельного) реагирования на ситуацию и автоматического изменения режима движения ТО.

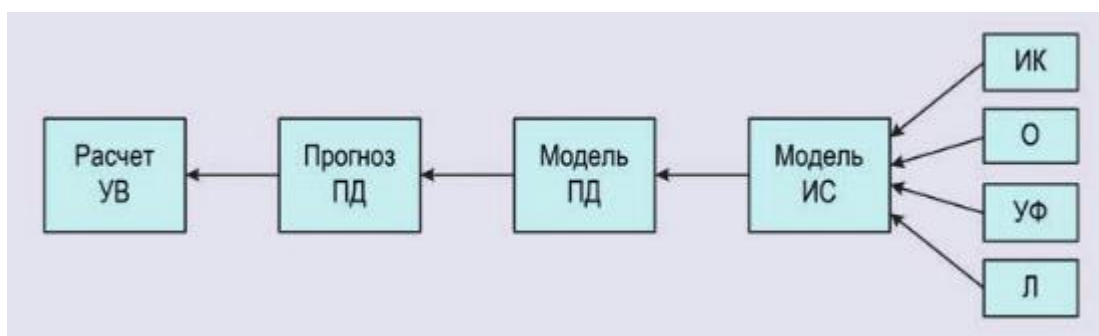
В современных СТЗ функционируют сенсоры в разных диапазонах: ИК – инфракрасном, О – оптическом, УФ – ультрафиолетовом, УЗ – ультразвуковом, РЛ – радиолокационном, Л – лазерном. К оптическим датчикам относят видеокамеры, тепловизор или ИК камера – служит для определения спектра температуры объектов ситуации и дает возможность обнаруживать их в условиях плохой визуальной видимости. Лидары обнаруживают и определяют расстояние до объекта с помощью монохроматического отраженного светового лазерного импульса, представляя собой активные дальномеры оптического диапазона.

Основные показатели лазерной системы:

- динамическая дальность обнаружения или динамическая глубина «лазерного» зрения;
- отражательная способность воздуха, диапазон точности, диапазон угловых координат, длина волны излучения.

Общей характеристикой датчиков является динамическая глубина зрения. ИСТЗ не имеет эмоций и когнитивных проблем. Она действует эффективней человека в условиях плохой видимости, не устает и постоянно (со скоростью поступающего информационного потока) контролирует информационную ситуацию при движении ТО. Для нее фактор динамической глубины играет важную роль.

Как уже отмечалось, подсистема ИСТЗ обрабатывает большой объем данных с использованием моделей информационных ситуаций. Они выполняют ту же роль, что ассоциации в памяти машиниста. Их накопление повышает скорость реакции. Такой механизм реализуется с помощью обучаемой нейронной сети. Общий алгоритм работы ИСТЗ приведен на рисунке.



Существуют разные виды ИСТЗ: инфраструктурные, бортовые, комплексные. Инфраструктурная ИСТЗ устанавливается на придорожном оборудовании. Ее основная цель – контроль ситуации в зонах ограниченной видимости или повышенной опасности и поддержка действий оператора (диспетчера).

Бортовая ИСТЗ предназначена для обеспечения безопасного движения поезда при ручном или беспилотном управлении. Она повышает качество обнаружения объектов препятствий при любых погодных условиях, но в рамках динамической глубины зрения. Бортовой ИСТЗ присущи такие основные функции, как: фиксация информационной ситуации на пути следования; обнаружение препятствий в габарите подвижного состава (красная зона), аномальных объектов красной зоны; распознавание объектов, представляющих потенциальную угрозу (желтая зона), аномальных объектов желтой зоны; обнаружение видимых сигналов (огни светофоров, сигнальные знаки, диски, щиты, ручные сигналы работников железнодорожного транспорта и др.), регулирующих сигналов зоны движения; комплексная передача информации об обнаруженных аномальных объектах в систему управления ТО и центр дистанционного контроля и управления (ЦДКУ).

Аномальные объекты должны быть обязательно обнаружены на дистанции не менее, чем длина тормозного пути, но лучше – превышающей тормозной путь. Под контролем бортовой ИСТЗ находится несколько зон обнаружения препятствий, количество которых зависит от динамической глубины зрения датчиков.



В связи с этим для скоростного и высокоскоростного движения бортовая система технического зрения должна поддерживаться инфраструктурными системами технического зрения, расположенными вдоль трассы или мобильными СТЗ на базе БАС. Это направление является следующим этапом развития систем технического зрения.

С точки зрения анализа ситуаций необходимо разрабатывать локальные и стационарные базы данных информационных ситуаций. Параллельно важно накапливать опыт по применению и обучению искусственных нейронных сетей. Также перспективным следует считать разработку методов применения моделей знаний в информационных системах технического зрения.

[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_79609525\\_27605264.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_79609525_27605264.pdf)

### **Новые опции в мобильном приложении**

РЖД расширяет возможности цифровых решений для пассажиров. Новые онлайн опции для покупки билетов оценят активные пользователи бесконтактных Pay-сервисов, а также владельцы домашних животных. В новой версии мобильного приложения «РЖД Пассажирам» теперь можно оплатить билеты на пригородные поезда через бесконтактный сервис Mir Pay. Ранее о планах компании по развитию бесконтактных способов оплаты проезда сообщил генеральный директор – председатель правления ОАО «РЖД» О.В. Белозёров. Для использования новой функции сначала необходимо установить и настроить сервис Mir Pay с токенизированной

картой банка (нужно привязать соответствующую карту для бесконтактной оплаты) на своем устройстве, а затем в приложении «РЖД Пассажирам» оформить билет и выбрать Mir Pay как способ оплаты. Ждать код подтверждения от банка и вводить его вручную не нужно – оплата подтвердится самим сервисом.

На странице приложения «РЖД Пассажирам» в RuStore также сказано, что в обновленную версию на страницу с расписанием поездов и в билете на поезд дальнего следования добавлено отображение направления нумерации вагонов (с головы или с хвоста состава).

Еще один новый пассажирский сервис появился на сайте РЖД – он ориентирован на граждан, путешествующих с домашними животными. К слову, в этом году таких пассажиров стало на 8 % больше, чем годом ранее. На поездах дальнего следования вместе с хозяевами поездки совершили 615 тыс. питомцев, в электричках – 1,3 млн зверей, отмечается в официальном Telegram канале компании «Телеграмма РЖД». Если ранее при онлайн бронировании билета можно было узнать только о вагонах, где разрешено перевозить животных (соответствующие вагоны обозначались значком в виде собачьей лапы), то теперь также доступна информация о том, на каких конкретно местах перевозят питомца в переноске (на схеме вагона такие полки выделены темно-серым цветом). «Кликнув» на это место, можно увидеть, какой питомец там поедет и по какому маршруту.

По планам перевозчика, новая опция сделает поездки комфортнее как для владельцев домашних питомцев (они смогут избежать соседства животных «конфликтующих» видов, например, кошек и собак), так и для пассажиров, которые не хотят ехать рядом с четвероногими или не могут этого сделать по состоянию здоровья (например, из-за аллергии). Также теперь при оформлении электронного билета на перевозку питомца покупателю будет направлена памятка с рекомендациями по подготовке к поездке и правилами поведения в пути. Так, на сайте РЖД сказано, что в поездах дальнего следования на одном месте допускается перевозка не более двух мелких питомцев в переносках. Там же прописаны общие положения и детали по разным типам вагонов (плацкартному, купе, СВ, вагонам с сидячими местами) и опубликованы списки разрешенных и запрещенных к перевозке поездами животных.

[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_79609527\\_76383187.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_79609527_76383187.pdf)

## **Железным дорогам – инновационные разработки компании «РМ РЕЙЛ»**

При разработке инновационного грузового подвижного состава специалисты «РМ Рейл» большое внимание уделяют ходовой части. За последние пять лет компания разработала и поставила на серийное производство три новые модели грузовых тележек с улучшенными технико-эксплуатационными характеристиками. В 2023 г. сертифицирована

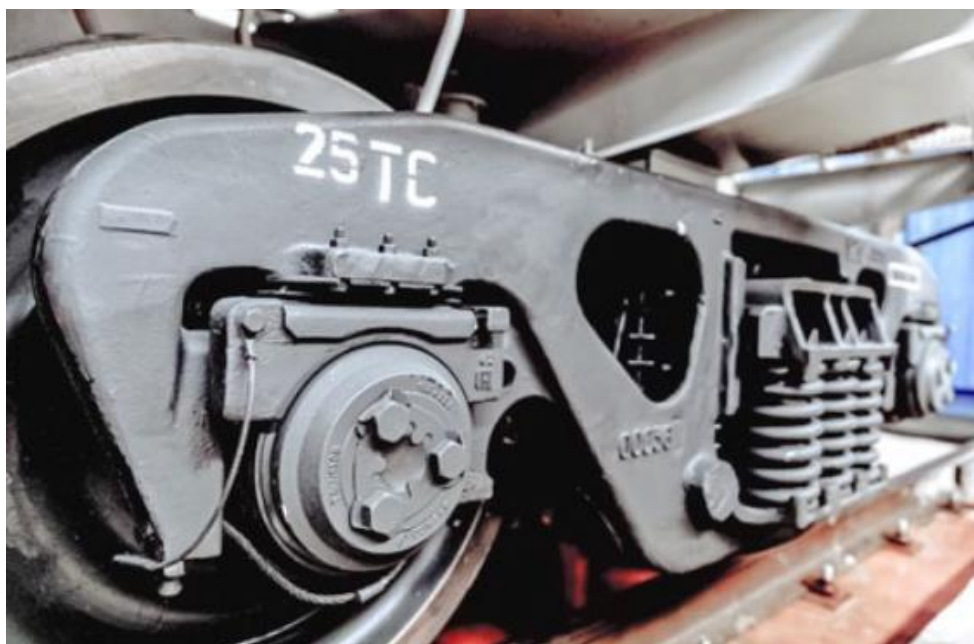


инновационная тележка для грузовых вагонов с осевой нагрузкой 25 тс модели 189891(тип 3, ГОСТ 9246–2013).

Автором проекта данной тележки выступил «РМ Рейл Инжиниринг» с привлечением Петербургского государственного университета путей сообщения. Она стала значимым событием не только для компании «РМ Рейл», но и для всего отечественного грузового вагоностроения. Новая тележка полностью отвечает приоритетам отрасли: при повышенной грузоподъемности она оказывает меньшее воздействие на железнодорожное полотно даже по сравнению с осевой нагрузкой 23,5 тс. Кроме того, ее конструкция позволяет минимизировать износ гребней колес в эксплуатации. Это особенно важно для собственников и операторов вагонов, поскольку расходы на ремонт колесных пар составляют значительную долю затрат на содержание вагонов.

В перспективе, данная тележка при ее широком применении позволит увеличить провозную способность железных дорог, сократить расходы на содержание вагонов и железнодорожного пути, повысить безопасность движения. Тележка имеет и перспективы дальнейшего развития: боковые рамы, над рессорная балка и колесные пары рассчитаны на осевую нагрузку 27 тс. При незначительных конструкционных доработках она может быть модернизирована для тяжеловесных или скоростных вагонов.

В планах «РМ Рейл» – перевести все наиболее перспективные модели вагонов на инновационную тележку. Эта работа уже ведется. В ближайшее время доля вагонов на новой тележке в общем объеме производства компании достигнет 30 %. Именно тележка с нагрузкой 25 тс дает возможности для расширения линейки современного высокотехнологичного подвижного состава, который позволяет клиентам компании повысить эффективность грузоперевозок и снизить затраты на обслуживание вагонов.



Совместным проектом специалистов «РМ Рейл Инжиниринг» и АО «НВЦ «Вагоны» стала 3осная тележка модели181245. Она разработана специально для эксплуатации в вагонах самосвалах на путях горнорудных карьеров.

Изотермическая продукция – одно из перспективных направлений для «РМ Рейл». Первая сертифицированная модель в линейке изотермической продукции – вагон-термос модели 161239 для транспортировки скоропортящихся грузов. Его ключевые преимущества – повышенная грузоподъемность 64 т (+4 – 6 т выше аналогов), увеличенный объем кузова 164 м<sup>3</sup> (+19 – 21 м<sup>3</sup>) и площадь пола 56,6 м<sup>2</sup> (+4,2 – 6,1 м<sup>2</sup>) – позволяют вмещать 51 паллету. Вагон обеспечивает нужную температуру до десяти суток благодаря использованию нержавеющей стали и специального изолирующего состава. Компания сертифицировала его в июне 2024 г. и готова к серийному производству новинки.

Следом за вагоном-термосом был сертифицирован автономный рефрижераторный вагон модели 161247. Он предназначен для перевозки скоропортящихся и нескоропортящихся, преимущественно пищевых грузов: штучных, тарно-штучных, пакетированных, в ящиках, на поддонах, требующих защиты от атмосферных осадков и поддержания температуры в грузовом отделении от –20 до +15 °С.



Одно из важных направлений развития продуктовой линейки «РМ Рейл» – подвижной состав из алюминиевых сплавов. Алюминиевые вагоны называют вагонами будущего: современные требования к экономической эффективности грузоперевозок стимулируют производителей к поиску инновационных решений по уменьшению массы тары вагона с одновременным увеличением грузоподъемности. Облегченные материалы – ответ на этот запрос. В числе других очевидных преимуществ – долговечность, высокая коррозионная стойкость при взаимодействии с агрессивными средами. Неслучайно конструкции из алюминия активно применяются в авиастроении. В вагоностроении этот сплав начал использоваться относительно недавно. «РМ Рейл» стала первым производителем на отечественном рынке, который разработал и изготовил целую линейку подвижного состава из облегченных материалов. Флагманской моделью



линейки подвижного состава из алюминия стал вагон-минераловоз из алюминиевых сплавов модели 191299. Модель презентована в 2022 г. Ее грузоподъемность увеличена до 79 т, объем кузова – 111 м<sup>3</sup>. На сегодняшний день это лучший показатель среди минераловозов.

Благодаря конструктивным решениям без «карманов» и острых углов удалось на порядок уменьшить слеживаемость груза. В модификации 15123206 вагон-цистерна выпущен на инновационной тележке с нагрузкой 25 тс модели 189891 собственной разработки. В ноябре 2024 г. успешно прошли его приемочные испытания и получен сертификат. Контейнер-цистерна для перевозки и хранения сжиженного природного газа АКЦСПГ42,7 (рис. 6) изготовлен из алюминиевого сплава марки 1581. Ключевые преимущества – увеличенный срок службы конструкции – 30 лет (+10 лет в сравнении с аналогами), снижение массы тары до 12,2 т (–15 %), повышенная надежность благодаря применению передовых технологий сварки.



Основа стратегии развития продуктовой линейки «РМ Рейл» – создание кастомизированных вагонов, оптимально отвечающих потребностям каждого конкретного заказчика с учетом специфики перевозимых грузов. В номенклатуре компании большую долю занимают эксклюзивные модели, созданные в партнерстве с клиентами. В их числе – вагон-цистерна для перевозки каменноугольного жидкого пека модели 15125701 на инновационной тележке с повышенной грузоподъемностью. Сертификат соответствия на него получен в октябре 2024 г.



«РМ Рейл» активно работает в части интеграции телематики в грузовой вагон. В 2022 г. компания приступила к реализации системы «Цифровой умный вагон «РМ Рейл». Совместно с компанией НПП «Ра Торм» реализован первый этап создания системы «Цифровой умный вагон» для грузового железнодорожного подвижного состава. Основой системы является блок устройства мониторинга и диагностики вагона. Он позволяет в онлайн режиме отслеживать состояние ключевых узлов, прогнозировать их выход из строя, а также планировать ремонт по фактическому техническому состоянию. Весь комплекс испытаний, в том числе полигонные, подтвердил работоспособность системы; сейчас ей предстоит пройти подконтрольную эксплуатацию. Цель – анализ работоспособности системы с отработкой коммуникации с «Облачным сервисом» и удобства для потребителя. Как бы фантастически это ни звучало, нововведение позволит уйти от плановых видов ремонтов к прогнозируемым ремонтам по факту. По материалам Департамента корпоративных коммуникаций ООО «УК РМ Рейл».

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_76746019\\_23828713.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_76746019_23828713.pdf)

### **Многоосные вагоны как одно из средств повышения провозной способности полигонов**

Авторы Зайцева Т.В., Коробкин А.М.

В сфере железнодорожных грузовых перевозок актуальным и востребованным остается вопрос увеличения объема перевозимого груза без изменения инфраструктуры. Решение данного вопроса возможно за счет

улучшения технико-экономических характеристик подвижного состава. При этом следует рассматривать не отдельно грузовой вагон, а характеристики поезда в целом. Проанализировав существующие конструкции грузовых вагонов и опыт их эксплуатации, стало очевидным, что необходимо применять новые технические решения, обеспечивающие баланс между техническими и эксплуатационными характеристиками грузовых вагонов, отвечающие при этом требованиям безопасности подвижного состава. В целях обеспечения вывоза грузов с месторождений, в рамках развития Северного широтного хода, а также повышения провозной способности железных дорог Восточного полигона, ОАО «РЖД» совместно с ведущими вагоностроительными заводами продолжает работу по улучшению технико-экономических характеристик железнодорожного подвижного состава и улучшению технологии перевозочного процесса с учетом имеющегося опыта эксплуатации многоосных вагонов.

В процессе решения задач по повышению грузоподъемности грузовых вагонов был разработан облик грузового вагона, представляющий собой две четырехосные секции (кузова), соединенные между собой жесткой сцепкой. Соединение вагонов жесткой сцепкой уменьшает тару вагона. Формирование поезда из сплотов таких вагонов благодаря уменьшению меж-вагонного пространства (между двух секций) позволяет увеличить количество вагонов в поезде при той же длине состава (по оценке, на 1 – 2 вагонов). При этом продольные силы в поезде будут значительно снижены за счет уменьшения свободных зазоров между автосцепками. Уменьшение меж-вагонного пространства между двумя секциями (кузовами), регулируемое длиной жесткой сцепки, позволит увеличить объем кузова, тем самым повысить грузоподъемность. Реализовать концепцию применения жесткой сцепки в многоосных вагонах удалось в марте 2024 г.

Компанией «РМ Рейл» по заказу АО «ФГК» с участием ОАО «РЖД» разработан и поставлен на производство восьмиосный вагон-цистерна (двухсекционный жесткий сцеп) для нефтепродуктов модели 151271. Восьмиосный вагон-цистерна модели 151271 состоит из двух секций(котлов), соединенных между собой сцепным устройством, которое служит для удержания секций на определенном расстоянии друг от друга, передачи и амортизации продольных усилий, прохождения кривых участков пути малого радиуса и сортировочных горок. Сцепное устройство выполнено без возможности автоматического сцепления или расцепления секций вагона-цистерны. Применение сцепного устройства в конструкции восьмиосных вагонов-цистерн обеспечивает перевозку большего объема груза поездом, сформированным из таких вагонов.



В восьмиосном вагоне-цистерне модели 151271 реализованы новые технические решения, такие как применение максимально возможного диаметра котла, что позволило увеличить объем котла (секции) до 92 м<sup>3</sup>. Разработка указанных вагонов в совокупности с применением цифровых систем, позволяющих управлять тормозами и диагностировать вагон без участия человека, также даст возможность эксплуатировать грузовые вагоны в условиях Крайнего Севера (СШХ) с применением безлюдных технологий.

Также вагоны данной конструкции и технологии эксплуатации будут востребованы на всем «пространстве 1520», в том числе и на Восточном полигоне. Оценка эффективности предложенных технических решений в части использования жесткого сцепа в дальнейшем при разработке новых восьмиосных грузовых вагонов благодаря сокращению расстояния между секциями вагона позволит увеличить общий объем перевозимого груза при той же длине состава (71 условный вагон).

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_76746024\\_10469338.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_76746024_10469338.pdf)

### **В Китае произведена первая партия вагонов из композитных материалов на основе углеродного волокна**

Компания CRRC приступила к производству грузовых вагонов из композитных материалов на основе углеродного волокна. Первая партия из шести восьмиосных грузовых вагонов, предназначенных для перевозки угля, произведена на заводе в Цицикаре по заказу энергетической компании CHN Energy.

Масса тары такого вагона составляет 18 т, объем кузова – 94,3 м<sup>3</sup>, грузоподъемность – 82 т. Кузов оснащен нижними разгрузочными люками, которые позволяют осуществить разгрузку за 20 с. При разработке конструкции вагона удалось решить ряд ключевых вопросов, связанных с облегчением конструкции и внедрением интеллектуальных систем для железнодорожного подвижного состава. Были созданы новые композитные материалы, армированные углеволокном, которые пригодны не только для панелей обшивки, но и для силовых конструкций грузовых вагонов тяжелого типа. Прочность использованных полимерных материалов в 3–5 раз выше, чем



у алюминиевых сплавов, собственный вес кузова железнодорожного вагона получается ниже не менее чем на 20 %.



По расчетам разработчиков такой вагон не потребует ремонта в течение 25 лет службы. Коэффициент тары вагона составляет 0,22, что является наилучшим показателем среди железнодорожных грузовых вагонов в Китае.

При создании новых вагонов была также разработана встроенная интеллектуальная система мониторинга, в которую интегрированы современные информационные технологии, такие как интернет вещей, большие данные и облачные вычисления. На вагоне смонтированы осевой генератор питания бортовой сети и 17 датчиков для мониторинга в режиме реального времени состояния подшипников, тормозов и других узлов. Все это позволит перейти от планового обслуживания вагонного парка к ремонту по состоянию.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_79714824\\_11443002.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_79714824_11443002.pdf)

### **О задачах по развитию тяжеловесного движения**

Автор Тарасов К.А.

Для освоения растущих объемов перевозок грузов в условиях ограниченных пропускной и провозной способностей ряда направлений сети ОАО «РЖД» предпринимает ряд технических и технологических мер. В их числе:

- реализация ключевых инфраструктурных проектов (развитие и модернизация Транссиба и БАМа, усиление железнодорожных подходов к портам Азово-Черноморского бассейна и Северо-Запада страны и др.);
- поставка новых, более мощных локомотивов;
- повышение транзитности вагонопотоков и маршрутизация с мест погрузки.



Однако названные меры требуют значительных капитальных вложений и являются длительными по срокам реализации. С учетом этого усиливается внимание к развитию накопленного на сети опыта организации тяжеловесного движения как к одному из приоритетных направлений повышения эффективности эксплуатационной работы.



Для дальнейшего развития тяжеловесного движения важно обеспечить готовность инфраструктуры станций к организации формирования, приема и отправления поездов повышенной массы и длины. Сегодня самая актуальная задача – удлинение приемоотправочных путей станций для пропуска поездов длиной 71 условный вагон и выше. Как известно, повышение числа тяжеловесных поездов и осевой нагрузки вагонов влечет за собой увеличение затрат на содержание инфраструктуры. Это важно учитывать при развитии тяжеловесного движения, ориентируясь в конечном итоге на улучшение качественных характеристик и повышение эффективности перевозок.

В целях освоения перевозок массовых грузов на лимитирующих участках железных дорог все чаще прибегают к сокращению межпоездных интервалов. Одновременно с внедрением новой технологии на Восточном полигоне по сравнению с 2023 г. возросло и число отправленных тяжеловесных поездов.

Для эффективной организации перевозочного процесса необходимо соблюдать баланс между увеличением числа тяжеловесных поездов и повышением интенсивности движения за счет сокращения интервалов между поездами. Большое значение для организации пропуска тяжеловесных поездов на отдельных участках имеет работа вспомогательных локомотивов. Для дальнейшего развития тяжеловесного движения на сети ОАО «РЖД» требуется решить еще ряд актуальных задач.

Так, необходимо исследовать состояние и готовность устройств энергоснабжения и искусственных сооружений, а также изучить проблемы

взаимодействия современного подвижного состава и верхнего строения пути, особенно в кривых малого радиуса, оценить эффективность вагонных замедлителей при работе с вагонами повышенной грузоподъемности. Необходимы обоснованные рекомендации по расширению полигонов и географии вождения поездов повышенной массы и длины, включая соединенные контейнерные поезда, в том числе за счет снятия нормативных ограничений.

Большой потенциал для развития тяжеловесного движения кроется в применении современных средств автоматизации ведения поезда и контроля параметров этого процесса. На данный момент почти 73 % электровозов оснащены унифицированной системой автоматизированного ведения поезда (УСАВП). Для комплексного решения задачи целесообразно усовершенствовать контроль за режимом ведения поезда, разработать энерго-оптимальные режимные карты, на основе которых определить перегонные времена хода и в последующем обеспечить автоматизированный анализ реализованных карт по каждому машинисту с фиксацией допущенных отклонений.

Разрабатываемые в настоящее время восьмиосный полувагон и восьмиосная цистерна позволят увеличить объем перевозимого груза на 12–13 %. Важный резерв – уменьшение тары вагона за счет применения новых конструкций и материалов. Так, если полимерные композитные материалы в конструкциях верхнего строения пути используются достаточно давно и широко, то в кузовных конструкциях подвижного состава – пока еще недостаточно. Снижение тары вагона за счет использования в конструкции элементов из композитных материалов в конечном счете позволит повысить загрузку вагона без увеличения негативного влияния на инфраструктуру при пропуске тяжеловесных поездов. Развитие тяжеловесного движения является ключевой задачей в освоении прогнозируемого объема перевозок и повышении эффективности деятельности компании. По предварительным расчетам реализация предложенных мероприятий в этой области позволит до 2030 г. обеспечить освоение дополнительного объема перевозки грузов, превышающего 18 млн т.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_75171335\\_96290414.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_75171335_96290414.pdf)

## **Перспективы организации движения поездов повышенной массы и длины**

Авторы Мехедов М.И., Холодняк П.С., Капырин А.А.

Увеличение объема перевозок требует поиска новых решений по повышению пропускной и провозной способностей основных направлений сети ОАО «РЖД». На современном этапе развития железных дорог России прирост объема перевозок может быть освоен путем увеличения размеров движения или массы и длины поездов. Первый способ сводится

преимущественно к усилению пропускной способности действующих линий, а также строительству новых. Второй способ предусматривает повышение массы поездов, реализуемое на основе усиления тяги, удлинения станционных путей, а также увеличения допускаемых нагрузок от подвижного состава.



Следует отметить, что в настоящее время недостаточно внимания уделяется выбору оптимальных параметров тяжеловесного поезда, не проводятся комплексные исследования по определению требований к усилению тяговых средств, развитию станционной инфраструктуры, обеспечению безопасности движения поездов повышенной массы и длины, организации обращения таких поездов по основным направлениям. В связи с этим возросла актуальность научного обоснования наиболее эффективных путей комплексного решения широкого круга задач, среди которых первостепенное значение имеет оценка технико-экономической эффективности обращения поездов повышенной массы и длины.

Для дальнейшего развития тяжеловесного движения проводится большая комплексная работа. Удлиняются станционные пути, усиливаются системы тягового электроснабжения и обратных рельсовых цепей, устройства СЦБ и связи, совершенствуется тяговое обеспечение поездов, принимаются меры по усилению локомотивного, вагонного, путевого хозяйств при условии обеспечения безопасности движения. Современные условия требуют адаптации существующих технологий и поиска комбинированных решений для повышения эффективности эксплуатации железнодорожной сети. Эффективным способом повышения провозной способности является вождение соединенных поездов и поездов повышенной массы, сформированных из инновационных вагонов с увеличенной грузоподъемностью. Особое внимание в последние годы уделяется использованию инновационных вагонов с увеличенной грузоподъемностью, включая восьмиосные полувагоны и вагоны-цистерны.

Формирование поездов повышенной массы из данных вагонов осуществляется при сохранении унифицированной длины 71 условный вагон.



Исследования показали, что использование восьмиосных полувагонов может увеличить грузопоток на 21 %, а сцепы из двух четырехосных вагонов-цистерн с более полным использованием меж-вагонного пространства благодаря замене между ними авто-сцепного устройства на балку могут повысить этот показатель на 7–19 % в зависимости от плотности груза.

### Варианты составов, сформированных из вагонов с повышенной грузоподъемностью



### Варианты перевозки перспективных объемов угля



**Что нужно сделать?**

- Модернизировать инфраструктуру путей необщего пользования
- Модернизировать мосты
- Развивать СД
- Усилить тяговое электроснабжения
- Увеличить парк локомотивов

Еще одним способом повышения провозной способности может стать использование вагонов со сниженной массой тары. Примером могут служить полувагоны с алюминиевым кузовом. Более низкая собственная масса такого вагона позволяет увеличить его грузоподъемность примерно на 5 т. Однако использование вагонов с алюминиевым кузовом сопряжено с высокими капитальными затратами. Их стоимость значительно выше, чем у вагонов со стальным кузовом, что делает необходимым разработку механизма распределения экономической выгоды между всеми участниками транспортного процесса, включая перевозчиков, собственников, производителей вагонов и поставщиков алюминия.

#### Стальной кузов

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| Грузоподъемность                   | 75 т   |
| Масса тары                         | 25 т   |
| Масса груза в составе из 71 вагона | 5325 т |



#### Стальной котел

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| Грузоподъемность                   | 66 т   |
| Масса тары                         | 28 т   |
| Масса груза в составе из 71 вагона | 5280 т |



#### Алюминиевый кузов

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| Грузоподъемность                   | 80 т   |
| Масса тары                         | 20 т   |
| Масса груза в составе из 71 вагона | 5680 т |
| Повышение провозной способности    | До 7 % |
| Снижение массы порожнего состава   | 20 %   |



#### Композитный котел

|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| Грузоподъемность                 | 72 т    |
| Масса тары                       | 22 т    |
| Масса груза в составе 71 вагона  | 5760 т  |
| Повышение провозной способности  | До 10 % |
| Снижение массы порожнего состава | 21 %    |



Одним из возможных решений для снижения нагрузки на железнодорожную инфраструктуру и повышения эффективности перевозок является контейнеризация сырьевых грузов за счет их переработки, в том числе для развития контейнерных перевозок, которые в настоящее время сталкиваются с серьезным дисбалансом между импортом и экспортом. В международной практике, в частности в Китае, Австралии и Канаде, распространено строительство выделенных линий для тяжеловесного движения. Такие линии предназначены исключительно для перевозки сырьевых грузов и не используются для пассажирского или смешанного движения.

Для дальнейшего повышения провозной способности железнодорожной сети наряду с развитием тяжеловесного движения требуется разработка научно-исследовательского плана, ориентированного на перспективу до 2050 г. План должен учитывать стратегические направления государственной программы развития промышленности, энергетики и альтернативных видов транспорта, включая Северный морской путь и перспективную трубопроводную и портовую инфраструктуру, что позволит интегрировать развитие железных дорог в общую экономическую стратегию страны. Экономическое обоснование строительства отдельных линий для тяжеловесных поездов, перевозящих сырьевые грузы, представляется перспективным направлением.

Для обоснованного перехода на новый стандарт унифицированных по массе и длине поездов необходимо с помощью научных подходов максимально точно определить перспективный объем перевозок и оценить все затраты на развитие инфраструктуры и прогнозируемый экономический эффект. Для определения оптимальных параметров вагонов, в том числе с использованием облегченных материалов для кузовов, также требуется провести ряд научных исследований. Это позволит повысить грузоподъемность подвижного состава, снизить нагрузку на железнодорожную инфраструктуру и увеличить эффективность перевозок.

Эти направления определяют стратегическую основу для дальнейшего повышения провозной способности железнодорожного транспорта и оптимизации грузовых перевозок в долгосрочной перспективе.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_75171336\\_39197213.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_75171336_39197213.pdf)

## **Перспективы контейнерных перевозок угля**

Авторы Кагадий И.Н, Грефенштейн А.П.

Отечественный и зарубежный опыт формирования маршрутов массовой транспортировки каменного угля заставляет обратить особое внимание на способ его перевозки в контейнерах открытого типа *opentop*. Среди специфических особенностей перевозки каменного угля в открытых контейнерах *opentop* необходимо отметить ряд как положительных, так и



неблагоприятных факторов, которые следует учитывать при оценке логистического потенциала коридоров для транспортировки минерального сырья. Контейнеры orentor не требуют перевалки, решают проблемы смерзаемости и пылеобразования угля, так как сразу переставляются с одной фитинговой платформы на другую или выгружаются для временного хранения на площадку с последующей погрузкой на платформы. При этом наблюдаются снижение затрат времени при передаче грузов через пограничные переходы и ускорение доставки, сокращение оборота вагонов за счет отсутствия перевалки при смене ширины колеи. По сравнению с маршрутными отправлениями происходит увеличение скорости доставки в ускоренных контейнерных поездах за счет роста среднесуточного пробега.

Применение контейнеров orentor имеет большие перспективы в сегменте угольных грузов специальных марок с низкой плотностью, ограничивающей выполнение перевалочных операций, под воздействием которых уголь теряет свои потребительские качества, или при таких поставках, где важна мультимодальность для грузополучателей, находящихся на удалении от железной дороги.



Однако по сравнению с маршрутными отправлениями угля в полувагонах ожидаемая стоимость контейнерных перевозок выше. Больше вагонная составляющая тарифа из-за аренды сразу нескольких единиц – вагона-платформы и контейнеров вместо одного полувагона. Это имеет существенное значение для массовых грузов, где доля транспортной составляющей в цене продукции достигает 40 %. Отмечая удорожание перевозки, стоит выделить дополнительные расходы на ремонт поврежденных контейнеров после ударов

крупным навалочным грузом и усложнение начально-конечных операций, связанных с осмотром подвижного состава.

Ключевым преимуществом кольцевых маршрутов является возможность использования контейнеров для перевозки грузов широкой номенклатуры. Актуальной остается проблема дефицита специализированных контейнеров типа orontop в России. Необходимо отметить, что для ОАО «РЖД» наиболее выгодными вариантами транспортировки каменного угля являются перевозки маршрутными и контейнерными поездами, так как при этом расходы за перевозку 1 т груза наименьшие.

При организации замкнутого кольцевого маршрута на территории России поставщик каменного угля оплачивает перевозку контейнеров до пограничного перехода, передачу груза китайской стороне, а затем подвоз порожних контейнеров под погрузку с промежуточной станции. Подводя итоги, следует отметить, что выполненное транспортно-экономическое обоснование подтверждает перспективность технологии перевозки каменного угля в контейнерах типа orontop с формированием замкнутых маршрутов и раскрывает ее логистический потенциал в увеличении объемов экспортно-импортных перевозок.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_75171338\\_25353066.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_75171338_25353066.pdf)

### **В Китае завершились испытания беспилотного тяжеловесного грузового поезда**

В стране активно ведутся работы, направленные на повышение эффективности как грузовых, так и пассажирских железнодорожных перевозок, в том числе высокоскоростных. На севере Китая успешно завершились испытания беспилотного тяжеловесного грузового поезда, принадлежащего китайской угольной компании China Shenhua Energy. В составе поезда длиной 1,3 км было 108 вагонов, его масса составляла 10 800 т. За 2,5 ч он преодолел участок протяженностью примерно 200 км между станциями Хуанхуа Южная и Дуньин Западный. Указанный участок, проложенный вдоль побережья Желтого моря, является частью электрифицированной двухпутной магистрали, по которой из города Шочжоу в провинции Шаньси осуществляются перевозки угля в восточном направлении. Все станции на маршруте движения поезда работали в необслуживаемом режиме под управлением диспетчерского центра. По расчетам, переход к беспилотному вождению грузовых поездов на этой магистрали позволит увеличить среднюю скорость движения на 1,7 км/ч при сокращении энергопотребления на 2,9 %, что приведет к значительному повышению эффективности перевозок угля.



Технология беспилотного движения позволяет дистанционно управлять поездом, выбирая наиболее оптимальный режим движения, а также осуществлять мониторинг состояния подвижного состава. Линия Шэньму – Шочжоу стала первой в Китае, на которой регулярно применяются комплексные интеллектуальные технологии вождения грузовых поездов. Инженерные центры и технологические университеты Китая продолжают разработки новых узлов высокоскоростных поездов. Так, дочернее предприятие китайской корпорации CRRCChangchun Railway Vehicles Co., Ltd. представило новый тип вагонной тележки, которая может использоваться в высокоскоростных поездах при скоростях до 400 км/ч. Буксы, рама и элементы подвески этой тележки перенесены с внешней стороны на внутреннюю, между колесами, что дало возможность перенастроить работу пружин и амортизаторов подвески в целях повышения плавности хода и устойчивости вагонов.





Новая тележка на 20 % легче стандартной тележки с внешним размещением узлов, она позволит снизить энергозатраты на движение поезда на 15 %, а износ колес и рельсов – почти на 30 %. Кроме того, на 15 % будут сокращены расходы на техническое обслуживание путей и вагонных тележек в течение всего срока их службы. Скорость движения поездов на таких тележках пока установлена в пределах 400 км/ч, но на испытательных стендах колеса этих тележек достигали частоты вращения, соответствующей скорости 600 км/ч. Новые тележки могут выпускаться в расчете на эксплуатацию со скоростями до 160, 200, 250, 300 и 350 км/ч, что позволит изготавливать электропоезда под любые требования заказчиков.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_75171348\\_25392892.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_75171348_25392892.pdf)

### **В Чили начали разработку и тестирование прототипа поезда на водородном топливе**

Национальный оператор EFE Trenes de Chile, Министерство транспорта и телекоммуникаций, Национальный институт водорода (INH2) и компания Hydrox подписали соглашение о разработке силовых установок для поездов на водородных топливных элементах. Соглашение предусматривает разработку и тестирование прототипа поезда на водородном топливе. Для этого предполагается переоборудовать поезд модели UT, работавший на сети Biotran и выведенный из эксплуатации в 2021 г. Маршруты, на которых будет испытываться прототип, определит EFE Trenes de Chile. В Чили проявляют большой интерес к водородной тематике.

В настоящее время в мире 95 % водорода производится с использованием энергии, извлекаемой из углеводородов. Такой водород называют серым. Обилие возобновляемых источников энергии превращает Чили в потенциальный центр по производству самого востребованного и дешевого зеленого водорода.



К концу текущего десятилетия страна может войти в число крупнейших мировых экспортеров водорода, а также широко применять его для нужд своего транспорта, в том числе железнодорожного.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_75171348\\_25392892.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_75171348_25392892.pdf)

### **Локомотивные блоки индикации нового поколения**

Авторы Козлов М.Б., Шленский А.В.

Все современные локомотивы, как и другая железнодорожная техника, оснащаются микропроцессорными системами управления. Они отвечают за функционирование техники, а также обеспечивают удобство управления и сервисного обслуживания. Система управления – это закрытая структура, а за состоянием, параметрами и работой тепловоза нужно следить. Для этого в систему добавляются дополнительные блоки – мониторы и индикаторы. Насколько эффективно будет работать система и техника во многом зависит от проработанности органов управления и индикации на пультах. Машинист заходит в кабину, где его работа проходит за пультом, и этот инструмент должен быть максимально эффективным, удобным, интуитивно понятным, интерактивным.

Один из модулей системы – блок индикации, монитор. Он выполняет функцию конечной точки интерфейса, связывающей оператора машиниста и машину, на котором человек видит все, что происходит с локомотивом. Так, раньше использовались стрелочные и световые индикаторы. Сейчас такой вид отображения информации позволяет производителям железнодорожной техники снизить стоимость продукции, но снижает функциональность. Один из блоков системы управления – средство индикации (монитор или блок индикации). С учетом существующей реальности, а также следуя требованиям Указа Президента о технологическом суверенитете – замещать технику, инфраструктуру и программное обеспечение на отечественные решения, компания «Алгоритм С» приступила к повышению локализации своих систем управления.

Так, очередным этапом к технологическому суверенитету стали создание и выпуск блоков индикации и мониторов собственной разработки. Блок индикации разработки «Алгоритм С» замещает аналоговые и дискретные варианты вывода информации, заменяя любую комбинацию стрелочных и световых индикаторов. На начальных этапах разработки системы управления «Алгоритм С» развивались, в том числе, с новыми проектами, каждый из которых давал импульс для роста – с появлением новых задач (ТЭМГ1, ТЭМ10, ТЭМ9 и т.д.) появлялись новые модули и программное обеспечение для них. Собственные блоки индикации – один из примеров проработки нового запроса к системе управления. Для реализации всего комплекса требуемых технических решений блока индикации были проработаны следующие возможные подходы:



– построение на основе персонального компьютера (ПК), выполненного в специальном корпусе для монтажа в приборную панель, где в качестве вычислительной платформы используется энергоэффективный процессор (т.е. процессоры Intel с индексом Q) с пассивным охлаждением. В МПСУиД такой подход используется в блоке «МОНИТОР» (ITA8101, Advantech).

– построение на основе мобильной платформы (МП). В качестве вычислительной платформы используются специальные «мобильные» процессоры (т.е. OMAP 4430, i.MX6), имеющие множество интерфейсов и встроенное графическое ядро.

– построение на основе микроконтроллера (МК). Они имеют наиболее низкие вычислительные мощности, однако отдельные модели снабжены аппаратными ускорителями для работы с графикой (обеспечивают построение «простейших» GUI).

Кроме того, для выбора конкретного подхода был оценен спектр задач, которые будет выполнять блок индикации. Основная функция – отображение параметров работы тепловоза и состояния узлов через стрелочные индикаторы, цветовые индикаторы, растровые изображения, текст на экране – при этом будут выполняться следующие графические операции: ✓ приведение форматов пикселей изображений; ✓ альфаблендинг; ✓ заполнение цветом; ✓ вращение геометрических фигур; ✓ анимация; ✓ вывод растровых изображений. Не предполагается осуществление рендеринга 3Dмоделей, текстурирование поверхностей, показ видео и т.п.

Исходя из вышесказанного, наиболее эффективным стало построение блоков индикации на основе микроконтроллера. Дополнительное преимущество – разработка на МК занимает существенно меньше времени, требует меньше итераций для получения работоспособного макета. Задачей стало создать продуктивное решение с максимальной унификацией компоновки и конструкции, при которых любые замены компонентов будут безболезненными.

Так сформировалась структура блока индикации, где основными компонентами графической системы стали:

- дисплей;
- flashпамять – хранит растровые изображения и глифы (буквы/цифры);
- RAMпамять, в которой располагается фреймбуфер. Если к flashпамяти нельзя будет обратиться через сквозное адресное пространство МК (например, используется NAND flashпамять), то RAMпамять будет использоваться для буферизации содержимого flashпамяти;
- МК (MCU) – осуществляет извлечение фрагментов изображения из flashпамяти, приводит их к единому формату и строит конечное изображение в RAMпамяти (в фреймбуфере). После построения изображение передается на дисплей.

Анализ рынка дисплеев показал, что наибольшее количество вариантов, удовлетворяющих исходным условиям, обладает характеристиками:

- разрешение – 800×480;

- интерфейс – LVDS или RGB (6/8 bit);
- диагональ – 7”.

Блок индикации разработки «Алгоритм С» замещает аналоговые и дискретные варианты вывода информации, заменяя любую комбинацию стрелочных и световых индикаторов. На данный момент такие блоки серийно выпускаются по конструкторской документации разработки «Алгоритм С». Среди них 7дюймовые блоки индикации тепловозов ТЭМ9 и ТГМК2.

Следующий шаг – реализация более сложных устройств, основанных на втором подходе. Это значительно усложняет разработку, но дает невероятную гибкость при формировании облика конечного устройства и кратно умножает функционал, который возможно реализовать. При проектировании своей системы управления «Алгоритм С» разработчики поставили цель сделать ее более привлекательной, удобной, эффективной – при этом одной из ключевых задач было минимизировать затраты на ее производство, чтобы система была не более дорогой, чем аналоги.

Унификация мониторов для всей техники – одно из решений данной задачи. По сути своей, это миникомпьютеры, выполняющие ряд функций, одна из которых – вывод информации о состоянии техники. А разнообразие интерфейсов ввода/вывода делает работу с мониторами максимально гибкой и удобной. Особенность мониторов – многостраничность интерфейса, между частями которого можно перемещаться с вайпом, листая меню, либо при помощи физических кнопок. Это позволяет вместить больше параметров, характеристик и настроек, при этом не делая наполнение каждой страницы перегруженным – т.е. основные команды и функции выносятся на первый «экран» (рабочий стол), а вспомогательные распределяются по другим. Такой принцип особенно удобен при пусконаладочных работах, а также при диагностике и обслуживании локомотива – тонкие настройки скрыты и не могут быть «случайно» активированы или изменены.

Стратегическим решением стал отказ от продукции на процессорах Intel и поиск более энергоэффективных вариантов чипа. Такими оказались процессорные модули Forlinx с использованием процессоров Rockchip. Они имели расширенный перечень функциональных устройств и шин интерфейсов: USB, PCI, а главное – гребенку для подключения дисплея. Главное, чего удалось достичь специалистам «Алгоритм С» – универсальность проекта, которая позволяет расширять линейку мониторов с различными диагоналями при минимальной доработке. Первые макетные варианты собственных мониторов были изготовлены и представлены в составе пульта управления с системой трамвая разработки «Алгоритм С», презентация которого прошла в рамках проведения Международной выставки ИННОПРОМ в июле 2024 г. в Екатеринбурге. При этом проект мониторов – это полностью и всесторонне проработанное решение. Выработана концепция, пройдена эволюция, сформирована конструкторская документация для линейки мониторов диагональю 19 – 20 – 22 дюймов.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_79559071\\_97788674.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_79559071_97788674.pdf)

## Подведен итог первого года эксплуатации высокоскоростной магистрали

В Индонезии подвели итоги первого года эксплуатации высокоскоростной магистрали Джакарта – Бандунг протяженностью 142,3 км. Эта ВСМ – первая не только в стране, но и во всей Юго-Восточной Азии – носит название Whoosh (аббревиатура индонезийской фразы «Waktu hemat, operasi optimal, sistem handal», означающей «Экономия времени, оптимальный режим и надежная система»). За указанный период по ней было перевезено почти 6 млн пассажиров, в том числе 300 тыс. иностранных туристов из 159 стран.



Рост популярности нового вида железнодорожного сообщения потребовал увеличения ежедневного числа рейсов в пиковые периоды с 14 до 52, что привело к росту числа перевозимых за сутки пассажиров с 8,5 тыс. до 31 тыс. при заполняемости поездов на уровне 99,6 %. Суммарный пробег высокоскоростных экспрессов по этой магистрали за год составил 2,6 млн км. ВСМ колеи 1435 мм была построена по китайским стандартам, китайская компания CRRC Qingdao Sifang поставила для нее 11 восьмивагонных поездов серии CR400AF семейства Fuxing.

Во время проведения их опытных поездок в июне 2023 г. была достигнута скорость 386 км/ч. Ввод в эксплуатацию ВСМ, рассчитанной на движение со скоростью до 350 км/ч, позволил сократить время в пути между столицей страны Джакартой и административным центром провинции Западная Ява городом Бандунг с более чем 3 ч до 40 мин, создал возможности для экономического роста обслуживаемых регионов, способствовал развитию бизнеса и туризма. Для эксплуатации ВСМ и содержания ее инфраструктуры с помощью китайских партнеров были подготовлены более 45 тыс. индонезийских специалистов.

## **Разработка конструкции и технологий содержания железнодорожного пути, обеспечивающих наработку 2,5 млрд т брутто пропущенного тоннажа**

Авторы Кореньков Д.А., Иванников М.А., Загитов Э.Д.

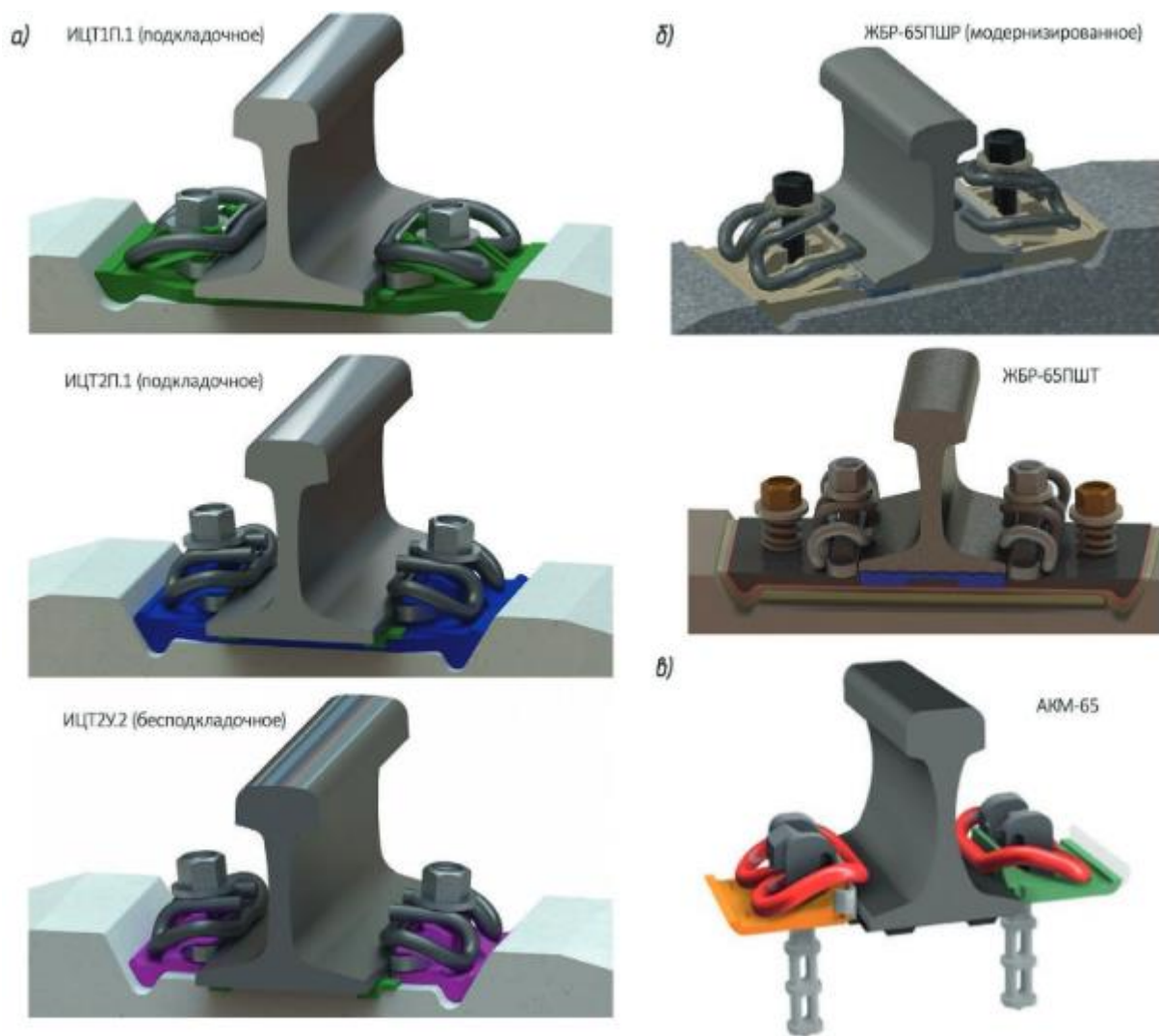
В соответствии с поручением Министерства промышленности и торговли Российской Федерации ОАО «Российские железные дороги» реализует проект «Разработка конструкции и технологий содержания железнодорожного пути, обеспечивающих наработку 2,5 млрд т брутто пропущенного тоннажа» (протокол от 30.08.2018 № 56МД/20).

Цель проекта – оптимизация стоимости жизненного цикла конструкции железнодорожного пути для особо грузонапряженных участков за счет увеличения наработки пропущенного тоннажа между капитальными ремонтами и промежуточными видами ремонтов. Перспективным полигоном укладки разработанной конструкции являются все особо грузонапряженные участки пути сети железных дорог ОАО «РЖД», что составляет более 17 тыс. км. В рамках данного проекта основные усилия разработчиков направлены на создание следующих элементов и узлов конструкции: рельсов с улучшенными эксплуатационными характеристиками; скреплений, обеспечивающих надежную стабильность подуклонки и ширины рельсовой колеи; шпал и брусьев с подшпальными прокладками, обеспечивающих более равномерное распределение поездных нагрузок на балластный слой; балластного слоя, сохраняющего стабильность положения путевой решетки в условиях интенсивного движения поездов; подбалластных защитных слоев, усиливающих прочность и устойчивость основной площадки земляного полотна; стрелочной продукции с повышенным ресурсом.

Помимо этого, в рамках проекта будет создана система технического обслуживания и мониторинга, позволяющая эффективно поддерживать надежность конструкции пути. Техническими требованиями предусмотрены предварительные ремонтные схемы, которые регламентируют увеличение наработки пропущенного тоннажа как между капитальными ремонтами пути, так и между промежуточными видами ремонтных работ с 225 до 350 или 450 млн т груза брутто. В связи с чем при реализации проекта особое внимание уделяется решению комплексной задачи: синергии технических характеристик элементов пути в единой конструкции и обеспечение соблюдения критериев как по первому предельному состоянию (по прочности и устойчивости), так и по второму предельному состоянию (по стабильности положения пути в плане и профиле).

В рамках проекта создано шесть вариантов промежуточных рельсовых скреплений, в том числе пять шурупнодубельных, (три проекта АО «ИЦ ЖТ» и два – ПКБ И), и одно анкерное от компании ООО «Технологии69».





В рамках реализации проекта железобетонного подрельсового основания разработаны три варианта шпал: для шурупно-дюбельных креплений – подтипов ШЕД (АО «ИЦ ЖТ») и ШЕДТ (совместно АО «ИЦ ЖТ» и АО «БЭТ»), для анкерного крепления – ШАК (ООО «Технологии»). Подтипы шпал ШЕД и ШЕДТ имеют увеличенную ширину подрельсовой площадки, что позволяет распределить нагрузку на подрельсовую прокладку. Данное решение принято с учетом результатов математического моделирования и опыта проектирования шпал и креплений для тяжеловесных линий зарубежных стран (200–220 мм). Для снижения уровня динамических нагрузок в конструкции железобетонных шпал и брусьев предусматривается применение подшпальных прокладок, которые позволяют повысить площадь передачи нагрузки на балластный слой от шпалы (бруса) в три - пять раз и снизить напряжение на основной площадке земляного полотна на 30 %.

Достоинства применения подшпальных прокладок подтверждены лабораторными испытаниями. На сегодняшний день завершены приемочные испытания промежуточных рельсовых креплений и шпал, конструкторской документации присвоена литера «О1». Под эгидой Департамента технической политики ОАО «РЖД» реализован комплекс мероприятий по сертификации

разработанных шпал, узлов промежуточных рельсовых креплений и их элементов, для которых обязательно подтверждение соответствия (сертификации) требованиям Технического регламента Таможенного Союза (ТР ТС 003/2011). Особое внимание в проекте уделено вопросам повышения несущей способности и стабильности подшпального основания.

Для принятия конструкторских решений по балластному слою организовали трехэтапные лабораторные испытания на базе ПГУПС по специально разработанным для этого программе и методике. Для обеспечения прочности и стабильности основной площадки земляного полотна ИЦ ЖТ совместно с РУТ (МИИТ) разработали технологию создания подбалластного защитного слоя с использованием старогодных накопленных материалов и закреплении их вяжущими компонентами и полимерными стабилизаторами.

В отличие от технологии с применением щебеночно-песчано-гравийной смеси (ЩПГС) и геосинтетиками предложенная технология позволит обойтись без вывоза старогодных материалов, оптимизировать объем доставки ЩПГС и толщину подбалластного слоя до 20–25 см. В рамках проекта разработана конструкторская документация на инновационные стрелочные переводы: с непрерывной поверхностью катания (НПК) и подуклонкой, с крестовинами марок 1/11 и 1/13, стрелочный перевод проекта МС3.8365 с подуклонкой, уравнильный стык и уравнильный прибор. В декабре 2023 г. изготовлены опытные образцы металлических частей стрелочной продукции. Для проведения испытаний в августе 2024 г. на станции Ярославль Главный Северной дороги уложили стрелочный перевод проекта МС3.8365 с подуклонкой. Осенью этого же года планируется укладка инновационных стрелочных переводов марки 1/11 с НПК с подуклонкой и без нее, съезда марки 1/13 с НПК с подуклонкой и уравнильного стыка с повышенным ресурсом.

Помимо создания новой конструкции пути и ее элементов в проекте предусмотрена технология его содержания. К завершению НИОКР в 2025 г. в рамках реализации проекта будут получены результаты эксплуатации опытных участков на Экспериментальном кольце за два года и за один год подконтрольной эксплуатации на участке Заозерная – Камала. В связи с этим разработали модель для прогнозной оценки стоимости жизненного цикла, учитывающую план, профиль, конструкцию и состояние пути, схему ремонтов, скорости движения поездов, структуру осевых нагрузок обращающегося подвижного состава, продолжительность теплого и холодного периодов в течение года и другие факторы.

Выбор оптимальной конструкции пути должен базироваться на технико-экономическом обосновании, которое планируется сформировать к концу 2025 г. на основании наиболее эффективного варианта конструкции пути. Укладка (тиражирование) новой наиболее эффективной конструкции пути в соответствии с бизнес-планом проекта планируется в 2026-2035 гг.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_75134481\\_17721688.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_75134481_17721688.pdf)

## **Стрелочные переводы типа Р65 марки 1/11 в условиях обращения поездов повышенной массы и длины**

Авторы Титаренко М.И., Глюзберг Б.Э., Кузнецов С.В.

Рост провозной способности дорог Восточного полигона ОАО «РЖД» обеспечивается преимущественно за счет использования грузовых поездов повышенной массы и длины, а также вагонов с увеличенной осевой нагрузкой. На маршрутах их обращения эксплуатируются в основном стрелочные переводы типа Р65 марки 1/11 проекта 2768 на железобетонном подрельсовом основании, в меньшем количестве – проекта 2764 на деревянном основании. В условиях воздействия на путь поездов массой до 7100 т с осевыми нагрузками вагонов до 25 тс были проведены динамико-прочностные испытания указанных стрелочных переводов и дана оценка напряженно-деформированного состояния их элементов. На участках обращения поездов повышенной массы и длины с осевыми нагрузками вагонов до 25 тс необходимо предусмотреть плановую замену стрелочных переводов проектов 2764 и 2768 на современные конструкции на железобетонном подрельсовом основании отечественного производства, в том числе проектов Н01.004, Н01.001, МС3.8365. Вместо переводов с короткими поворотными острьяками длиной 8300 мм и крестовинами длиной 5500 мм возможно использование гибких острьяков и крестовин с рельсовыми окончаниями проекта 2750 на железобетонных брусках, а также, при необходимости, переводов проекта 2193 с гибкими острьяками на деревянных переводных брусках с короткой крестовиной. На более совершенных переводах с гибкими острьяками и крестовинами с рельсовыми окончаниями возможна ликвидация стыков за счет их сварки, что положительно скажется на динамических качествах конструкции, уменьшив силовые воздействия.

Рассмотрим технические решения, призванные улучшить современные стрелочные переводы типа Р65 марки 1/11. Предусмотренные в их конструкции контррельсы из уголкового профиля по сравнению с шинными обладают повышенной жесткостью, что отрицательно влияет на работу элементов контррельсового и крестовинного узлов. Особенно сильно это проявляется на железобетонном подрельсовом основании. В итоге возникает интенсивный износ как самих контррельсов, так и ходовых рельсов при них. Отмечаются сплывы и выкрашивание металла.





Наряду с совершенствованием типовых конструкций для их изготовления требуются современные материалы, в том числе композитные, обладающие повышенными прочностными и изолирующими свойствами, к тому же допускающие армирование в слабых сечениях. Использование вставок из изолирующих материалов вместо изолирующих втулок и прокладок позволит исключить дополнительные затраты на переборку элементов связных полос при обеспечении надежной работы рельсовых цепей. Так, на стрелочном переводе типа Р65 марки 1/11 проекта Н01.004 производства АО «НСЗ» в узлах соединения стяжных полос применены вставки из полимерных изолирующих материалов с ограниченными прочностными характеристиками. Более предпочтительны вставки из композитных материалов, обладающие, по сравнению с полимерными, повышенными прочностными и изолирующими свойствами.

Упрощенный мало детальный узел соединения связной полосы без втулок и прокладок благо приятно отразится на эксплуатационных качествах конструкции, обеспечит бесперебойную работу рельсовых цепей и стабильность ширины колеи на стрелочных переводах. Подкладки из композитных материалов на стрелочных переводах зарекомендовали себя с самой лучшей стороны при эксплуатационных испытаниях, которые проводились на соединительных путях симметричных переводов типа Р65 марки 1/6 проекта 2628 на станции Бекасово – Сортировочная Московской дороги.





Повышению надежной работы и безопасности движения способствует использование на стрелочных переводах производства АО «НСЗ» проекта Н01.004 внешних замыкателей.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_75134482\\_47063424.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_75134482_47063424.pdf)

### **FPV эффективность: осмотры искусственных сооружений с помощью инновационных технических средств**

Авторы Шемякин В.Ю., Космачева А.А.

В настоящее время ОАО «РЖД» обслуживает 82330 искусственных сооружений железно дорожной инфраструктуры, от технического состояния которых зависят бесперебойность и безопасность движения поездов с установленными скоростями, безопасный пропуск пешеходов и автотранспорта. Осмотр искусственных сооружений помимо контроля их состояния позволяет определить очередность ремонта для предупреждения появления или развития неисправностей и повреждений. Основой для планирования периодичности осмотров является ранее зафиксированное техническое состояние сооружений. Назрела необходимость автоматизации процессов, чтобы сократить длительность периодических осмотров, уменьшить влияние «человеческого фактора» и поднять на качественно новый уровень выявление неисправностей и оценку технического состояния искусственных сооружений.

С этой целью сформирована и внедряется на дорогах инновационная концепция осмотров при текущем содержании искусственных сооружений с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Инновационная концепция предусматривает постепенный переход от натурных осмотров к осмотрам с помощью FPV дронов, управляемых оператором БПЛА с видеокамерой, которая передает ему изображение в режиме реального времени. Такие дроны способны подлетать практически вплотную к сооружениям и демонстрировать оператору труд недоступные для мастеров и бригадиров места. К тому же защищенные пропеллеры позволяют сохранить оборудование даже при столкновении.

Запланированы также создание цифровой базы выявляемых по результатам осмотров неисправностей и создание программы обработки данных с помощью технического зрения и нейросетевых баз с автоматическим определением неисправностей. На данном этапе внедрения концепции дистанции инженерных сооружений нарабатывают базы данных осматриваемых сооружений при помощи БПЛА модели DJI Phantom 4 RTK.

В целях контроля дистанции инженерных сооружений также успешно проводят осмотры строящихся искусственных сооружений, что позволяет вовремя принять меры при обнаружении недоделок или изъянов строительства.

В соответствии с инновационной концепцией создание базы данных неисправностей позволит использовать программное обеспечение для обработки данных через нейросети, автоматическую фиксацию данных с FPV дрона при помощи искусственного интеллекта и интеграцию неисправностей в базу ЕК АСУИ, а также в электронную книгу ПУ30, что значительно сократит время фиксирования замечаний в информационных ресурсах.



С помощью FPV дрона можно осматривать водопропускные трубы в стесненных условиях, что и было предпринято в рамках экспериментального осмотра. В итоге зафиксирован требуемый временной интервал, который составил менее получаса. К тому же сотрудникам не потребовалось проникать внутрь трубы, что значительно упростило задачу.

В результате проведенного экспериментального осмотра большого металлического моста и водопропускной железобетонной трубы в рамках текущего содержания можно сделать вывод, что применение FPV дрона значительно сокращает время работ, являясь безопасным и менее трудоемким методом. Массовое применение FPV дронов позволит повысить количественные показатели осмотров. Полноценное внедрение концепции осмотров при текущем содержании искусственных сооружений с применением БПЛА, в том числе создание программы обработки данных с помощью технического зрения и нейросетевых баз с автоматическим определением неисправностей, повысит уровень осмотров в целом и качество текущего содержания сооружений.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_75134483\\_74297158.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_75134483_74297158.pdf)

## **Применение балок с гофрированной стенкой в мостовых сооружениях**

Авторы Чижов С.В., Каптелин С.Ю., Русин А.А.

Мостовые сооружения играют ключевую роль в инфраструктуре транспортных объектов. Одним из наиболее важных элементов таких сооружений являются пролетные строения, которые несут на себе вес дорожного покрытия и транспортных средств. В последние годы для повышения экономических показателей рассматривают применение в пролетных строениях гофрированных стенок балок. В настоящее время

наиболее интенсивно исследуется применение гофрированной стенки для транспортных сооружений в КНР, Японии, Швейцарии, США и Казахстане. Гофрированные балки пролетных строений все более широко применяются в современном мостостроении благодаря их технологичности, экономичности, долговечности и надежности.

Процесс производства балок с гофрированной стенкой в заводских условиях полностью автоматизирован, что позволяет с высокой точностью изготавливать изделия необходимого сечения и требуемого качества. Разработаны различные формы гофры и способы гофрирования листового металла. Самым технологически рациональным считается вертикальное расположение гофры в виде синусоиды, трапеции или треугольника.

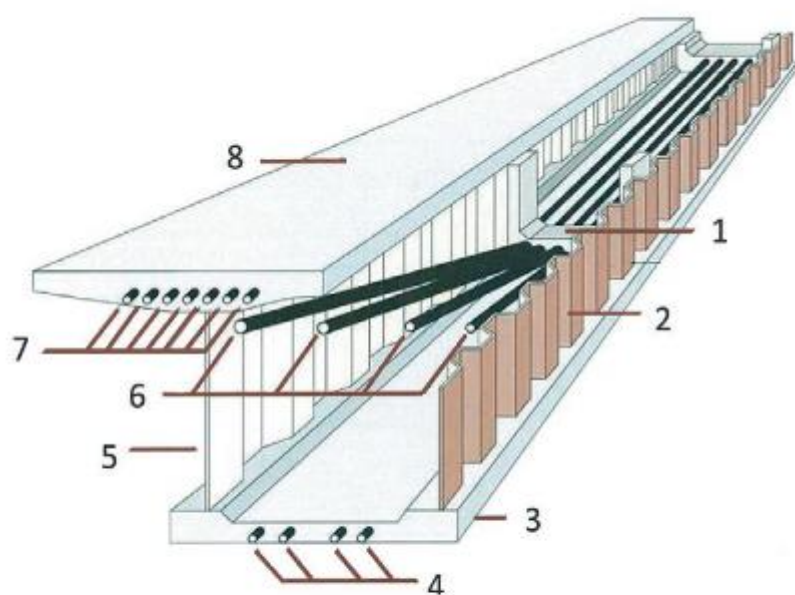


Схема армирования пролетного строения:  
1 — диафрагма; 2, 5 — металлическая гофрированная стенка; 3 — нижняя железобетонная плита; 4, 7 — внутреннее предварительное напряжение бетона; 6 — внешнее предварительное напряжение бетона; 8 — верхняя железобетонная плита

Балка с гофрированной стенкой обладает необходимой прочностью, местной устойчивостью стенок при меньшей толщине листового металла, что подтверждается исследованиями проф. В.В. Горева. Он сравнил расход стали для трех видов балок с минимально допустимыми сечениями при одинаковых условиях и нагрузках. Экономия металла гофрированной балки по сравнению со сплошностенчатой составила 21 %, по сравнению с балкой с гибкой стенкой — 9 %. Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы. Гофрирование значительно повышает изгибную жесткость стенки в плоскости, перпендикулярной оси пролетного строения. Возрастание момента инерции позволяет предотвратить опасность образования и роста усталостных трещин в сварном шве, соединяющем стенку со сжатым поясом балки, и сварных швах приварки ребер жесткости.

На основе проведенного исследования можно сделать вывод о перспективности применения гофрированной стенки в мостостроении, так как это будет способствовать значительной экономии металла, увеличению срока службы мостов и обеспечению безопасности на дорогах.

Дальнейшие исследования ускорят широкое внедрение гофрированной стенки в гражданском и транспортном строительстве и повысят качество транспортной инфраструктуры. Экономическая эффективность использования гофрированных балок увеличивается при росте объемов производства. Потребуется вложить значительную долю инвестиций в организацию мест по производству гофрированного металла, наладить комплексный процесс по выпуску продукции, создать нормативную базу по результатам исследований и испытаний, изучить и улучшить способы монтажа таких конструкций. Данные исследования актуальны для реализации перспективных планов создания ВСМ со значительным количеством искусственных сооружений.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_77085072\\_56160104.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_77085072_56160104.pdf)

### **Определение геометрических параметров пути по данным БПЛА с помощью технического зрения**

Авторы Щербаков В.В., Бунцев И.А., Щербаков И.В., Акимов С.С., Тимофеев Е.Н.

Технологии технического зрения позволяют создавать системы, способные обучаться на статистических данных. Результаты обучения используются при распознавании объектов, лиц, речи и текста. Наибольшие успехи с применением технического зрения в транспортной отрасли достигнуты в беспилотных наземных, воздушных системах навигации и управления. Область применения данной технологии постоянно расширяется. На железных дорогах ее применяют для решения различных задач:

- создание беспилотных поездов (техническое зрение электропоезда);
- обеспечение безопасности движения поездов;
- охранные системы (безопасность на переездах);
- мониторинг состояния пути; диагностика подвижного состава;
- мониторинг технического состояния электротехнических систем;
- мониторинг деятельности персонала.

Успешный опыт внедрения технического зрения имеет компания Cognitive Pilot (дочернее предприятие Сбера и Cognitive Technologies), которая 25.01.2022 г. сообщила о начале серийного производства системы помощи машинисту маневрового локомотива на базе технологий искусственного интеллекта Cognitive Rail Pilot. Одним из вариантов решения проблемы безопасности на железнодорожном переезде является детектирование объектов посредством использования алгоритмов компьютерного зрения, что позволяет выявлять определенные объекты из видеопоследовательности.



Разработана технология применения технического зрения на железных дорогах при реализации проекта «Цифровая железнодорожная станция», в рамках которого специалистами Инской дистанции сигнализации, централизации и блокировки Западно-Сибирской дирекции инфраструктуры и сотрудниками Ростовского филиала АО «НИИАС» разработан и запатентован комплекс компьютерного зрения для контроля занятости сортировочных путей.

Для повышения эффективности работы сортировочных станций в 2020 г. успешно протестирован прототип сервиса «Цифровой помощник маневрового диспетчера», использующий искусственные нейросети. Одним из новых перспективных направлений применения технического зрения является измерение геометрических размеров объектов, расстояний, высот и других параметров с помощью аэрофотосъемки и фотограмметрии.

В настоящее время благодаря использованию БПЛА значительно выросла экономическая эффективность фотограмметрических методов и расширились технические возможности. На железной дороге много задач, связанных с измерениями и получением данных в режиме реального времени (например, при аварийных или чрезвычайных ситуациях; мониторинге пути; определении габаритов приближения строений, дефектов верхнего и нижнего строений пути с оценкой соответствия результатов нормативным требованиям). Использование системы технического зрения, компьютерного обучения цифровых данных аэрофотосъемки, возможности современных методов их обработки позволили создать технологию измерения геометрических параметров на железных дорогах в режиме реального времени и оценки их соответствия нормативным требованиям по гранту ОАО «РЖД». Получение данных с использованием технического зрения и компьютерного обучения – это только одна из составляющих разрабатываемой технологии.



Фрагмент измерения междупутья БПЛА в режиме реального времени

Второй важной составляющей является обеспечение точности измерений, соответствующей нормативным требованиям, расчету для

текущих данных допусков, и их сравнение с измеренными данными в режиме реального времени. В течение часа дистанционно можно выполнить измерения габаритов приближения строений, получить данные для мониторинга оползней, деструкций и оценку дефектов на участке пути до 10 км.

Проведенное исследование демонстрирует прикладной характер применения системы технического зрения для автоматизированного контроля геометрических параметров пути с использованием БПЛА. Разработанный подход позволяет в режиме реального времени получать точные данные о плане пути, обнаруживать отступления и оценивать их размеры, что обеспечивает оперативность и эффективность контроля.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80284061\\_91342446.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80284061_91342446.pdf)

## **Перспективы применения полимерных композиционных материалов для шпал**

Автор Красильников В.С.

Одним из направлений, где можно использовать полимерные композитные материалы, является изготовление шпал, обеспечивающих постоянство рельсовой колеи. Достоинства полимерных материалов обусловлены такими качествами как прочность, жесткость и эластичность при малой плотности, а также химической стойкостью и диэлектрическими свойствами. В качестве конструкционных материалов полимеры успешно заменяют металлы. Композиционные материалы состоят из пластичного матричного материала – основы (матрицы) – и более твердых и прочных компонентов – наполнителей (армирующих элементов), распределенных в объеме матрицы. Соответственно свойства композиционных материалов зависят от свойств основы, наполнителей, прочности связи между ними и методов получения.

Термопластичные полимеры при нагревании размягчаются, а при охлаждении затвердевают. При повторном нагревании и охлаждении вновь происходит размягчение и затвердевание. Поэтому термопластичные полимеры можно перерабатывать в изделия неоднократно. Полимерные композиционные материалы (полимерные композиты), применяемые для изготовления шпал, имеют термопластичную полимерную матрицу.

Заинтересованность предприятий железнодорожной инфраструктуры в композитных шпалах объясняется тем, что они имеют большой эксплуатационный ресурс. В качестве полимерного материала для изготовления композитных шпал может использоваться полиэтилен низкого давления (ПЭНД) с применением стабилизаторов, концентратов и других присадок. Дополнительно в композитную смесь вводят стекловолокно для повышения прочности материала. Результаты исследования показали, что значения физико-механических характеристик, влияющих на

эксплуатационную надежность и работоспособность, у композитных шпал значительно выше, чем у деревянных. В отличие от деревянных и железобетонных шпал характерным свойством шпал из композиционных материалов на основе полиэтилена низкого давления является более высокий коэффициент термического расширения.



Композитные шпалы с текстурированной поверхностью

Одним из основных достоинств шпал этого типа является их ремонтпригодность. Применение ремонтной смеси позволяет полностью восстанавливать изношенные отверстия в шпалах и обеспечивать нормативную величину усилия вытягивания. Также возможна заливка сколов шпал после схода подвижного состава. Композитные шпалы могут использоваться при ремонте пути на новых материалах, а также при одиночной замене деревянных шпал. Композитные шпалы легче и проще в установке, а это сокращает время и затраты на их укладку.

Большим преимуществом композитных шпал перед деревянными и железобетонными является возможность их полной утилизации при невосстанавливаемых дефектах, так как непригодные композитные шпалы могут служить сырьем для новых шпал. Шпалы из полимерных материалов могут заменить деревянные шпалы в тех местах, где укладка железобетонных нецелесообразна, в первую очередь на пучинистых участках. Композитные шпалы обладают лучшими физико-механическими характеристиками, более высокой эксплуатационной надежностью, работоспособностью и длительным сроком эксплуатации по сравнению с деревянными и железобетонными. В том числе при высоких влажности и температуре.

Сопротивление поперечному сдвигу композитных шпал может быть увеличено за счет текстурирования нижней и боковых поверхностей. Шпалы 1го типа, армированные короткими волокнами или не армированные, имеют низкую прочность и жесткость и чувствительны к ползучести. Шпалы 2го типа, армированные непрерывными стекловолокнами в продольном направлении, имеют малую прочность на сдвиг и не подходят для применения

на мостах и для мостовых балок, т. е. в условиях, сочетающих большие изгибные и сдвиговые напряжения. Ввиду этого шпалы 1го и 2го типов имеют ограниченность конструктивных решений, а кроме того, и низкую огнестойкость. Полимерные композитные шпалы больше подвержены температурному влиянию, чем деревянные. При зимних испытаниях наблюдались изломы композитных шпал на участках с неравномерно уплотненным щебеночным балластом.

Из изложенного следует, что композитные шпалы из-за возможности растяжения, усугубляемого температурным влиянием, не могут применяться в кривых участках пути. Причиной растяжения шпал в кривых может являться действие центробежных сил на внешний рельс со стороны гребней колесных пар подвижного состава. Однако это не препятствует укладке композитных шпал на прямых участках, где центробежная сила отсутствует.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80284065\\_63192727.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80284065_63192727.pdf)

### **Термическая обработка рельсов быстродвижущимся потоком воды**

Авторы Шур Е.А., Федин В.М., Ронжина Ю.В., Чернышев К.А.

Проведенная на рельсопрокатных заводах России и ряда других стран коренная реконструкция производства позволила существенно повысить ресурс рельсов в условиях роста грузонапряженности, осевых нагрузок и значительной доли кривых участков пути. Однако достигнутых результатов для современных условий эксплуатации сети ОАО «РЖД» уже недостаточно. Ставится задача дальнейшего повышения ресурса рельсов.

Перспектива увеличения их работоспособности изучена в настоящее время недостаточно и требует проведения широких исследований. Это в полной мере относится к совершенствованию технологии упрочняющей термической обработки рельсов и, в частности, к закалке быстродвижущимся потоком воды с получением мартенсита и его последующим отпуском (самоотпуском).

В более общем виде требование к структуре металла закаленных рельсов можно сформулировать как необходимость ее однородности на всей глубине действия контактных напряжений – примерно 10 мм от поверхности катания. Это позволяет использовать для охлаждения интенсивный поток воды с получением после самоотпуска структур типа сорбита отпуска на глубине, перекрывающей глубину действия максимальных контактных напряжений. Такая технология существенно повысит величину остаточных напряжений, что должно благоприятно сказаться на контактно усталостной долговечности рельсов. В отличие от одинарной термической обработки, после которой максимальная твердость рельсов не превышает НВ 420-440, при двойной термической обработке через мартенсит ее можно повысить до НВ 450-480, что благотворно отразится на ресурсе рельсов, ограничиваемым сопротивлением контактной усталости и износом. Причем такую



повышенную твердость можно получить не на рельсах из-за эвтектоидной стали, где сохраняется опасность образования структурно свободного цементита по границам зерен и, как следствие, охрупчивания, а на рельсах с эвтектоидным содержанием углерода.

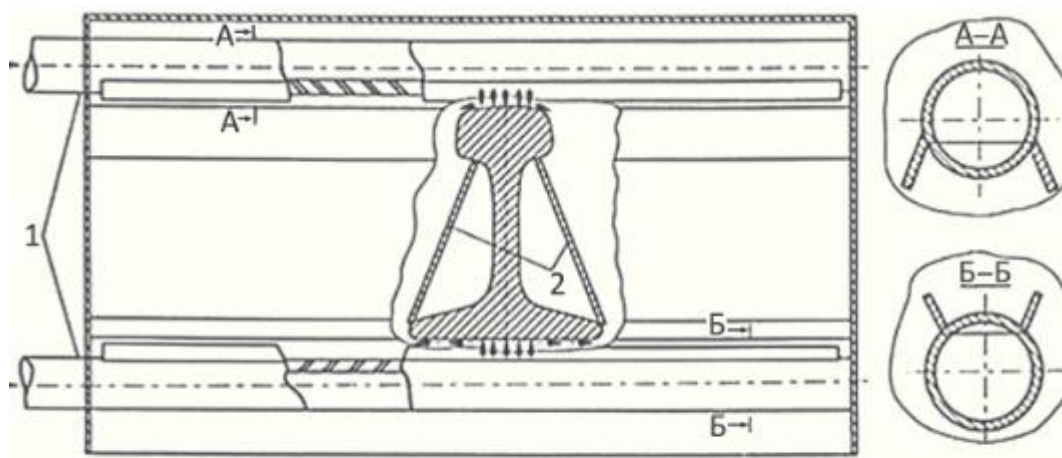


Схема устройства закалочного охлаждения рельса быстродвижимым потоком воды:  
1 — верхняя и нижняя системы подачи воды; 2 — защитные экраны

Опыт по закалке рельсов с использованием быстродвижущегося потока воды может быть использован при дальнейшем совершенствовании термообработки рельсов. Исследования, проведенные экологами на НТМК в рельсобалочном цехе при годовом объеме выпуска 450 тыс. т объемно-закаленных рельсов в масле, показали, что на стенах цеха осаждается до 20 т масляных выделений. Такое положение создает тяжелую экологическую ситуацию.

Альтернативным решением является выпуск рельсов на ЗСМК с закалочным охлаждением сжатым воздухом. Применение такой системы охлаждения требует увеличения степени легирования стали или применения заэвтектоидной стали. Технологический процесс создает экологическую чистоту производства на хорошем уровне.

В ПАО «Мечел» в качестве закалочной среды применяют водный раствор полимера. Экологическая чистота производства при применении водных растворов полимеров вызывает большое сомнение и может вызывать более тяжелую атмосферу, чем при использовании масла в качестве закалочной среды. Проводится масс-спектроскопический анализ различных полимеров, показывающий, что в процессе термической деструкции образуются такие летучие продукты как водород, окись углерода, двуокись углерода, метан, ацетилен, этилен, бензол, фенол, толуол и другие наряду с конденсированными полифениленовыми соединениями и углекислым остатком (кокс). На основе анализа отечественных и зарубежных технических решений будут разработаны рекомендации по совершенствованию системы закалочного охлаждения рельсов с применением быстродвижущегося потока

воды. Экспериментально показано, что с использованием при закалке рельсов быстро движущегося потока воды можно получить бóльшую твердость (на 40-70 НВ), более высокую прочность при равной пластичности, более высокое сопротивление усталости (в том числе коррозионной), большую живучесть и трещиностойкость за счет благоприятной эпюры остаточных напряжений, чем после современных способов сорбитизации при непосредственном распаде аустенита. Контактно-усталостная долговечность и износостойкость рельсов, закаленных быстродвижущимся потоком воды с благоприятной эпюрой остаточных напряжений, может быть оценена при полигонных испытаниях опытной партии таких рельсов.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80284063\\_24651315.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80284063_24651315.pdf)

### **Балка повышенной несущей способности для пролетных строений мостов**

Автор Попов И.П.

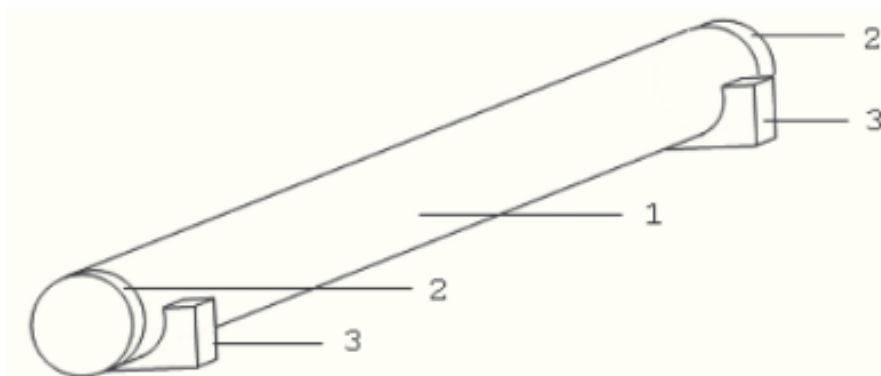
Наибольшей несущей способностью обладают двутавровые балки. Однако на практике нередко используются и трубчатые балки, что связано с их широким распространением и доступностью. В настоящее время исследуются трубобетонные балки, в частности с пред-напряженной нижней частью бетонного ядра. Стальная труба в таких балках играет роль экзo-арматуры. Они обладают значительной несущей способностью при невысокой себестоимости и хорошей технологичностью. Использование жидкого наполнителя для трубчатых балок возможно благодаря такому свойству жидкости, как ее практическая несжимаемость. Геометрическое длинномерное тело, боковая поверхность которого имеет прямолинейную образующую, обладает максимальным объемом (при заданной боковой поверхности), если его поперечное сечение имеет форму круга. Этому условию соответствует круглая труба.

Трубчатая балка с жидким наполнителем (далее - гидравлическая балка) представляет собой заглушенную с обоих концов круглую трубу, полностью (без воздушных полостей) заполненную жидкостью. При нагружении гидравлической балки ее боковая поверхность стремится деформироваться, а, следовательно, внутренний объем трубы – уменьшиться. Но поскольку жидкость несжимаема, она не допускает уменьшения объема, что, в свою очередь, препятствует деформации трубы. При нагружении гидравлической балки, например, прямоугольного сечения и соответствующем повышении давления жидкость будет стараться деформировать стенки, вследствие чего прямоугольный профиль будет стремиться трансформироваться в круглый, а площадь профиля – увеличиться. Это может привести к недопустимому прогибу балки.

Другими словами, в гидравлической балке прямоугольного сечения уменьшение внутреннего объема, вызванного прогибом, компенсируется

увеличением объема, обусловленного трансформацией профиля (суммарный объем несжимаемой жидкости остается неизменным). И чем больше прямоугольный профиль будет трансформироваться в круглый, тем больше будет прогиб.

У круглой трубы нет возможности для трансформации профиля и увеличения площади поперечного сечения, следовательно, нет резерва увеличения внутреннего объема. Таким образом, исключено уменьшение внутреннего объема, вызванного прогибом, поскольку суммарный объем жидкости изменяться не может. В идеальном варианте прогиб круглой гидравлической балки исключается.



Гидравлическая балка:

1 — труба с жидкостью; 2 — концевые заглушки; 3 — опоры

В случае если концевые заглушки плоские, места их сварки с трубой являются сильным концентратором напряжений. Оптимальной формой концевых заглушек является полусфера. Полости соседних гидравлических балок в силовой конструкции, например, в пролетном строении моста, могут быть выполнены сообщающимися (посредством усиленных патрубков). Это позволит равномерно перераспределять нагрузку, приложенную к части балок, между всеми гидравлическими балками несущей конструкции. В качестве жидкого наполнителя гидравлических балок во многих случаях следует использовать незамерзающие жидкости. В целях их экономии внутренние полости балок можно частично заполнять твердым дисперсным материалом, например, керамическим ломом, щебнем и т. п.

Перспективность применения железобетонных балочных конструкций, а также рассмотренной гидравлической балки заключается в замещении металла. Приведенные выше расчеты несущей способности являются грубым приближением. В случае практического применения таких элементов потребуются более тщательные исследования с учетом площади поверхности концевых заглушек, различий между давлением и напряжением (например, смятия), упругой деформации стенок, собственного веса жидкости и других факторов. При этом полученное пятикратное превышение несущей способности гидравлической балки, по сравнению с двутавровой, и 10 кратное

превышение, по сравнению с трубчатой, могут быть скорректированы как в меньшую, так и в большую сторону.

При использовании сообщающихся гидравлических балок в соответствии с формулой можно добиться значительного повышения несущей способности пролетных конструкций. Преимущество гидравлической балки перед всеми другими типами балок заключается в том, что у нее «работает» (в одинаковой мере) весь материал, из которого она изготовлена.

[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_80284069\\_69698007.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_80284069_69698007.pdf)

## Программа переводчик транспортных расписаний в машиночитаемый формат для построения и анализа математических моделей

Авторы Язев Д.В., Костенко В.В.

Существует множество вариантов представления расписаний движения того или иного вида транспорта. Способ отображения расписаний, а также выбор необходимой для этого информации зависит от целей и задач. Один из наиболее распространенных вариантов, который применяется при составлении служебных расписаний движения поездов, представлен на рисунке. Главным его преимуществом является удобство восприятия человеком, так как он дает наиболее полную информацию о маршруте следования конкретного поезда.

| <p style="text-align: center;">СКОРЫЕ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА<br/>(СОСТАВ ЭП2Д, ЭД4М)<br/>ПРИГОРОДНЫЙ СКОРЫЙ<br/>ЕЖЕДНЕВНО</p> |     |       |                   |        |                                                                    |       |     |       |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|-------------------|--------|--------------------------------------------------------------------|-------|-----|-------|---|
| П. № 7139<br>СИМФЕРОПОЛЬ – СЕВАСТОПОЛЬ<br>ОБЩЕЕ ВРЕМЯ В ПУТИ: 1.50                                                   |     |       |                   |        | П. № 7140<br>СЕВАСТОПОЛЬ – СИМФЕРОПОЛЬ<br>ОБЩЕЕ ВРЕМЯ В ПУТИ: 1.33 |       |     |       |   |
| Приб.                                                                                                                | Ст. | Отпр. | Раздельные пункты | Км     | Код ЭЗ                                                             | Приб. | Ст. | Отпр. |   |
| –                                                                                                                    | –   | 16.00 | СИМФЕРОПОЛЬ       | 1463,0 | 2078001                                                            | 15.18 | –   | –     | – |
| –                                                                                                                    | –   | 16.10 | ЧИСТЕНЬКАЯ        | 1470,2 | 2078844                                                            | –     | –   | 15.09 |   |
| –                                                                                                                    | –   | 16.14 | о.п.1473 км       | 1472,6 | 2078040                                                            | –     | –   | 15.07 |   |
| –                                                                                                                    | –   | 16.18 | пл.1479 км        | 1478,0 | 2078291                                                            | –     | –   | 15.03 |   |
| –                                                                                                                    | –   | 16.22 | ПОЧТОВАЯ          | 1481,6 | 2078723                                                            | –     | –   | 14.58 |   |
| –                                                                                                                    | –   | 16.25 | пл.1486 км        | 1485,2 | 2078142                                                            | –     | –   | 14.54 |   |
| –                                                                                                                    | –   | 16.29 | САМОХВАЛОВО       | 1489,0 | 2078846                                                            | –     | –   | 14.50 |   |
| 16.35                                                                                                                | 1   | 16.36 | БАХЧИСАРАЙ        | 1495,1 | 2078895                                                            | 14.42 | 1   | 14.43 |   |
| –                                                                                                                    | –   | 16.41 | пл.1501 км        | 1501,0 | 2078143                                                            | –     | –   | 14.37 |   |
| –                                                                                                                    | –   | 16.43 | СИРЕНЬ            | 1502,6 | 2078823                                                            | –     | –   | 14.35 |   |
| –                                                                                                                    | –   | 16.49 | о.п.1509 км       | 1508,4 | 2078041                                                            | –     | –   | 14.29 |   |
| 16.54                                                                                                                | 1   | 16.55 | ВЕРХНЕСАДОВАЯ     | 1512,3 | 2078724                                                            | –     | –   | 14.25 |   |
| 17.01                                                                                                                | 1   | 17.02 | о.п.1518 км       | 1517,9 | 2078066                                                            | –     | –   | 14.20 |   |
| 17.07                                                                                                                | 2   | 17.09 | МЕКЕНЗИЕВЫ ГОРЫ   | 1521,8 | 2078726                                                            | 14.13 | 2   | 14.15 |   |
| –                                                                                                                    | –   | 17.18 | о.п.1529 км       | 1528,8 | 2078077                                                            | –     | –   | 14.04 |   |
| –                                                                                                                    | –   | 17.21 | пл.1531 км        | 1530,9 | 2078201                                                            | –     | –   | 14.01 |   |
| 17.24                                                                                                                | 14  | 17.38 | ИНКЕРМАН-1        | 1532,7 | 2078733                                                            | 13.57 | 1   | 13.58 |   |
| 17.50                                                                                                                | –   | –     | СЕВАСТОПОЛЬ       | 1540,5 | 2078750                                                            | –     | –   | 13.45 |   |

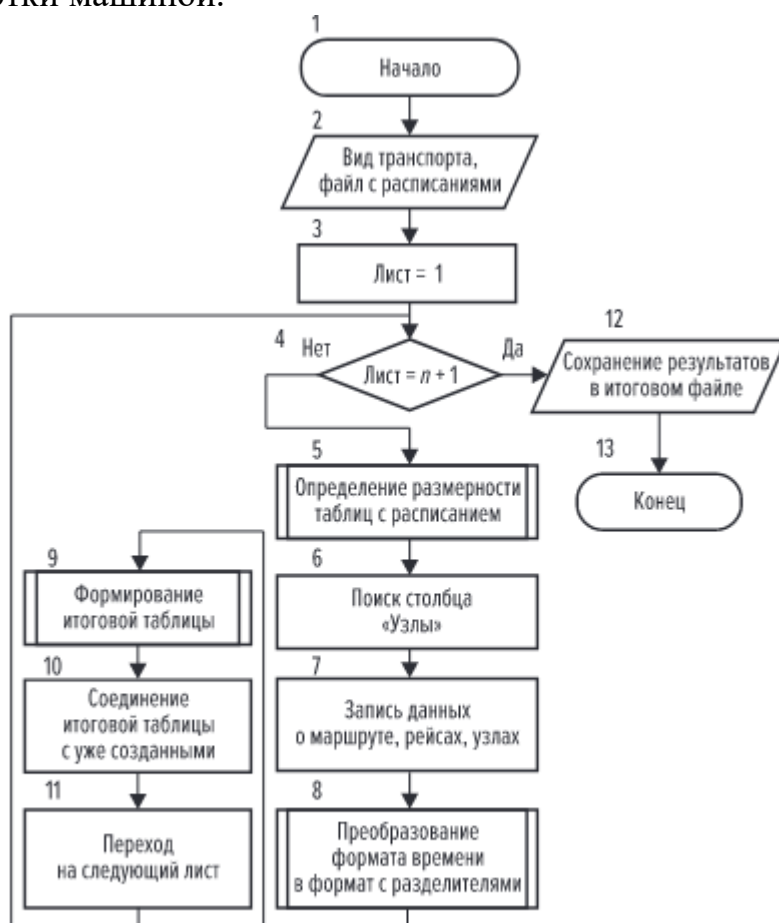
Фрагмент из служебного расписания  
движения пригородного поезда № 7139/7140

В случае организации маршрутов мультимодальных перевозок возникает необходимость в поиске наиболее удобных для пассажиров



маршрутов по действующим расписаниям с последующей их корректировкой, а также создание новых вариантов маршрутов. С целью обработки этой информации по сетям пассажирских сообщений была разработана цифровая модель регионального пассажирского сообщения в рамках научных исследований транспортных сетей Республики Крым. При наполнении модели сведениями о сотнях рейсов по маршрутам следования различных видов транспорта выявлено, что формат отображения данных, удобных для программирования, ненаглядный и неудобный для человеческого восприятия и, следовательно, делает его непригодным для дальнейшего взаимодействия оператора с введенными сведениями.

Кроме того, процесс наполнения модели из разнокалиберных расписаний достаточно трудоемкий и может привести к ошибкам. В связи с различиями человеческого и машинного восприятия информации, в том числе связанными с большими объемами и необходимостью представления данных в наиболее удобном для обработки на ЭВМ формате, потребовалось разработать программный продукт, который позволит «перевести» расписание из формата, удобного для человека, в расписание, удобное для обработки машиной.



**Алгоритм работы программы**

Программа разработана для быстрого автоматического преобразования большого количества расписаний движения по различным маршрутам,

представленных в привычной для восприятия людьми форме, в формат, позволяющий обрабатывать эти сведения на ЭВМ, и может быть применена при оптимизации транспортных сетей и мультимодальных маршрутов.

Разработанная программа преобразования расписаний для упрощения обработки на ЭВМ дает возможность ее использования при работе с большим количеством расписаний движения транспорта при оптимизации транспортных сетей и мультимодальных маршрутов с применением цифровой модели регионального пассажирского сообщения. Иными словами, разработанный программный продукт является дополнением к цифровой модели, которое обеспечивает связь между человеческим и машинным восприятием информации.

Полезный эффект проявляется в снижении трудоемкости процесса наполнения модели данными и количества допущенных пользователем ошибок, что свидетельствует о повышении точности моделирования для создания мультимодальных региональных маршрутов.

Программа разработана в ПГУПС и использована для наполнения математических моделей исходными сведениями при выполнении научно-исследовательской работы на тему «Определение условий повышения востребованности железнодорожных пассажирских перевозок на территории Республики Крым и города Севастополя на основании изучения эластичности и моделирования спроса» в соответствии с государственным заданием.

[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_76098301\\_30486428.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_76098301_30486428.pdf)

### **Повышение эффективности технической маршрутизации на основе моделирования транспортного потока в железнодорожной сети**

Автор Козлов В.Г.

На железнодорожном транспорте одной из основных задач управления перевозочным процессом является организация вагонопотоков в грузовые поезда и пропуск их по направлениям железнодорожной сети. Цель организации вагонопотоков – рациональное распределение транспортной нагрузки и соответствующей эксплуатационной работы между техническими железнодорожными станциями. Это достигается различными методами оптимизации системы организации вагонопотоков, в том числе путем реализации технической маршрутизации грузовых перевозок (далее – ТМГП). В рамках ТМГП разрабатывается единый технологический процесс работы железнодорожных станций транспортной сети по формированию и пропуску однопутных грузовых поездов, реализация которого позволяет оптимизировать затраты на организацию вагонопотоков в поезда и повысить эффективность перевозочного процесса. Сложность задачи организации ТМГП заключается в том, что для уменьшения затрат перевозочного процесса необходимо увеличивать дальность следования поездов без переработки.

Однако это приводит к дополнительным затратам на накопление составов поездов на технических железнодорожных станциях. Эти

взаимосвязанные условия формируют множество возможных вариантов организации вагонопотоков, количество которых прирастает факториально в зависимости от числа технических станций на расчетном направлении.

Поэтому для определения оптимального варианта в существующей практике используются приближенные методы, которые позволяют за незначительное количество итераций расчета из множества всех возможных вариантов организации вагонопотоков найти близкий к оптимальному. При этом не гарантируется достоверное решение – нахождение наилучшего варианта в системе организации вагонопотоков.

Для разрешения указанной проблемы, повышения точности и достоверности расчета по нахождению оптимальной системы организации ТМГП используется предложенная автором динамическая модель транспортного потока в железнодорожной сети. Предложенная модель позволяет агрегировать и производить оценку параметров транспортного потока на объектах железнодорожной инфраструктуры. Технология организации ТМГП базируется на разработке рациональной системы объединения множества корреспонденций транспортного потока в систему увязанных назначений плана формирования поездов по направлениям железнодорожной сети, которая включает в себя и процедуру оценки перевозочного потенциала железнодорожных станций.

Для этого предлагается топологию железнодорожной станции и ее процессы представить в виде формализованной совокупности вершин и дуг сети Петри, а транспортный поток – в виде маркеров(меток). Формирование величины транспортного потока является необходимым базовым параметром в системе организации ТМГП, в том числе для моделирования эксплуатационной работы железнодорожных станций, и представляет собой научно-практическую задачу исследования.

Для расчета параметров транспортного потока на железнодорожных станциях, как основных объектах инфраструктуры, где происходит его трансформация, требуется моделирование образования и маршрутов продвижения заявленных корреспонденций грузопотоков и вагонопотоков по расчетным полигонам. При этом модель должна позволять определять маршрут следования и параметры отдельной корреспонденции, а также проводить процедуру агрегирования параметров всех корреспонденций транспортного потока по расчетным полигонам. Транспортный поток является векторным понятием, так как используемые параметры имеют величину и направление.

Расчетные полигоны железнодорожной транспортной сети для решения задач моделирования представляются в виде симметричного графа, вершины которого соответствуют техническим и другим необходимым для расчета категориям железнодорожных станций, а дуги – соединяющим их перегоны и участки. Структура подобного графа в общем случае является произвольной и зависит от топологии рассматриваемой железнодорожной сети. Предложенная динамическая модель транспортного потока и методика формирования

кортежа станцией маршрута следования транспортного потока позволяют идентифицировать и рассчитывать параметры транспортного потока на объектах инфраструктуры с необходимой достоверностью и точностью для разработки оптимальной системы организации ТМГП.

Новая методика оценки целесообразности выделения вагонопотоков в сквозное назначение повышает точность расчета плана формирования поездов благодаря относительной оценке, которая учитывает одновременно числовые характеристики и эксплуатационные свойства транспортного потока. Это позволяет сократить затраты на организацию и пропуск вагонопотоков по железнодорожной сети до 13%, а также расширяет возможности применения аналитических методов на полигонах с различной конфигурацией.

Также необходимо отметить, что предложенная динамическая модель используется как источник исходных первичных данных для других задач управления, в частности при оценке перевозочного потенциала железной дороги.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80253578\\_81855752.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80253578_81855752.pdf)

## **Цифровые технологии в железнодорожной отрасли**

Авторы Журавлева И.В., Мадяр О.Н.

Цифровая железная дорога – это целый комплекс информационно-аналитических систем, систем управления перевозочным процессом, систему управления вокзальными комплексами, интеллектуальных систем для тягового подвижного состава. Одну из ключевых ролей в этом комплексе играют отказоустойчивые интеллектуальные системы управления движением грузовыми и пассажирскими потоками, системой железнодорожной автоматики телемеханики и связи. Распоряжением правительства от 19 марта 2019 года №466р утверждена долгосрочная программа развития ОАО «Российские железные дороги» до 2025 года; программой, в частности, предусматривается переход на «цифровую железную дорогу».

Железнодорожная отрасль всегда являлась важным сектором экономики, обеспечивая транспортные потоки грузов и пассажиров. Внедрение технологий цифровой железной дороги позволяет значительно повысить эффективность работы железнодорожной системы. Автоматизация и цифровизация процессов позволят регулировать движение поездов, контролировать скорость и расстояние между ними, а также оптимизировать использование инфраструктуры. Что существенно сократит время путешествия, увеличит пропускную способность, снизит затраты на обслуживание и улучшит безопасность движения.

Технологии цифровой железной дороги также стимулируют развитие инноваций в отрасли. Внедрение систем умного управления и мониторинга позволяет собирать и анализировать большие объемы данных, что помогает в принятии более обоснованных решений и оптимизации работы железнодорожной системы. Внедрение технологий цифровой железной



дороги открывает новые возможности для развития и улучшения железнодорожной отрасли, что повысит эффективность работы и безопасность, снизить затраты и оптимизирует качество предоставляемых услуг.

С точки зрения оптимизации использования ресурсов, цифровая железная дорога позволит наиболее точно планировать и координировать движение поездов, что сократит время ожидания и повысит пропускную способность. Это позволяет более эффективно использовать инфраструктуру и снижать затраты на топливо, материалы и обслуживание. Внедрение цифровых технологий также требует модернизации и обновления инфраструктуры, включая установку датчиков, сенсоров, систем связи и другого оборудования. Это может быть достаточно затратным процессом, требующим значительных инвестиций.



Переход к цифровой технологии потребует времени, ресурсов и изменения рабочих процессов. Очень важно обеспечить надежную защиту информации и систем от несанкционированного доступа, в связи с тем, что цифровая железная дорога может стать объектом кибератак и взлома. Переход к цифровой железной дороге является неотъемлемой частью современного развития железнодорожной отрасли. Несмотря на вызовы, связанные с внедрением новых технологий, преимущества цифровизации позволят сделать железную дорогу более эффективной, безопасной и удобной для пассажиров и грузовладельцев. Внедрение технологий цифровой железной дороги открывает новые возможности и приносит инновации в железнодорожную отрасль, повышающие эффективность и безопасность железнодорожных перевозок, а также обеспечивающие снижение экологической нагрузки.

Одной из основных инноваций цифровой железной дороги является автоматизация процессов. Благодаря использованию сенсоров, датчиков и систем искусственного интеллекта, обеспечивает возможность мониторинга состояния поездов и инфраструктуры в режиме реального времени. Все это позволяет оперативно выявлять и устранять неисправности, предотвращать возникновение аварий и снижать вероятность задержек.

Кроме того, цифровая железная дорога позволяет вести детальный учет и контроль за движением поездов, грузов и транспортных средств, что также способствует повышению безопасности. Информация о каждом объекте передается в центральную систему, где осуществляется анализ и принятие решений. Инновации в автоматизации и управлении движением поездов позволяют улучшить процессы и снизить риски.

Безопасность перевозок становится на более высокий уровень благодаря системам мониторинга и контроля. В результате, цифровая железная дорога становится не только более эффективной, но и более безопасной для всех участников.

На сегодняшний день в рамках модернизации в секторе железнодорожной автоматики и телемеханики ведется замена физически и морально устаревших систем релейной электрической централизации на микропроцессорные системы, данный подход можно назвать классическим, но для достижения целей такого научно-технического проекта, как цифровая железная дорога, этого недостаточно. Система управления движением как один из элементов цифровой железной дороги должна подразумевать качественный переход от принципов автоматизированного управления движением к принципам автоматического, оптимального управления движением поездов без участия оператора.

Основой построения такой системы должны являться базовые подсистемы, задача которых обеспечивать безопасность движения. К ним относится безопасная вычислительная платформа на посту централизации, безопасные микропроцессорные напольные и бортовые устройства. Под постовыми системами безопасности сегодня понимаются системы микропроцессорной централизации с расширенными функциями диагностики, унифицированным аппаратным и программным обеспечением.

Под интеллектуальными напольными устройствами понимается новое поколение напольных устройств с интегрированным микропроцессорным управлением и реализацией функций расширенной диагностики, а также с возможностью управления по радиоканалу. Бортовые устройства должны представлять из себя микропроцессорную систему управления и диагностики тягового подвижного состава с интегрированной бортовой системой безопасности и модулем автоведения.

Цифровизация железнодорожного транспорта – это процесс внедрения современных цифровых технологий в различные аспекты работы железнодорожного транспорта. Этот процесс охватывает множество областей, включая: использование систем автоматизированного управления и

мониторинга, которые позволяют отслеживать местоположение и состояние поездов в реальном времени, обеспечивают безопасность движения и оптимизируют графики; модернизация сигнализационных систем, систем управления и контроля, а также использование сенсоров и IoT технологий для мониторинга состояния путей и оборудования; создание мобильных приложений и онлайн-сервисов для покупки билетов, отслеживания поездов, получения информации о расписании и в ожидании улучшения качества обслуживания; внедрение технологий прогнозной аналитики для предсказания необходимости обслуживания и ремонта подвижного состава, что позволит уменьшить время простоя и затраты; сбор больших объемов данных о движении поездов, пассажиропотоке и эксплуатации инфраструктуры для анализа и принятия обоснованных решений; обеспечение защиты информационных систем от кибератак, что особенно важно в условиях увеличения зависимости от цифровых технологий. Цифровизация позволяет повысить эффективность, безопасность и качество обслуживания на железнодорожном транспорте, а также снизить операционные затраты. Это также способствует более экологичному подходу в транспортной системе, поскольку цифровые решения помогают оптимизировать маршруты и расходование ресурсов.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_75080587\\_37105691.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_75080587_37105691.pdf)

### **Инновации на железнодорожном транспорте в России и их влияние на экономическое развитие регионов**

Авторы Шматко А. Д., Хильченко П. А.

Инновации на железнодорожном транспорте, которые в последние годы внедряются в отрасли, не исключение. Пилотные проекты, которые были опробованы в ряде регионов, показали свою эффективность, что оказывает положительное влияние на развитие экономики этих регионов. В первую очередь такие проекты помогают решать вопросы технологической безопасности России. Достигается это приоритетным использованием собственных технологических и программных разработок, а также агрегатов и комплектующих, способствующих реализации государственной стратегии по импортозамещению.

Важно отметить, что с февраля 2022 г. зарубежное программное обеспечение РЖД не закупается. Железнодорожный транспорт является наиболее экологически чистым. По данным Eurasian Rail Alliance Index, на железнодорожный транспорт приходится 7 % мировых грузоперевозок, но только 3 % энергии, используемой мировой транспортной отраслью, и менее 1 % выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Новейшие инновационные технологии, применяемые в железнодорожной отрасли России, например, «умные» системы управления, улучшение энергоэффективности поездов с использованием рекуперации

энергии, позволяют дополнительно улучшить общую экологическую картину практически во всех регионах страны. Необходимо отметить, что железнодорожная отрасль напрямую влияет на развитие и других отраслей промышленности и сельского хозяйства в регионах, в первую очередь в секторах строительства и производства.

Повышение качества железнодорожных услуг позволяет увеличить объем перевозок, формирует условия для создания новых рабочих мест, способствует развитию социально-культурных связей между регионами, повышает мобильность населения. Как потребитель новейших инновационных технологий, ОАО «РЖД» является крупным заказчиком в научной сфере, что оказывает большое влияние на развитие научно-технического прогресса.

Железнодорожный транспорт в России с ее протяженностью и огромными расстояниями между отдельными регионами, с многообразием климатических зон и погодными факторами влияет на различные стороны жизни государства и имеет особое значение. Инновационные робототехнические комплексы позволяют реализовать автономность эксплуатации поезда на железнодорожных станциях на всех циклах, начиная от контроля его технического состояния до расформирования прибывших на станцию поездов и дальнейшего диагностирования.

Примером реализации подобных технологий в России является проект «Цифровая железнодорожная станция» (ЦЖС), который позволяет увеличить доходность за счет эффективного использования существующей инфраструктуры. При реализации проекта используются новейшие отечественные информационные технологии, что позволяет осуществить цифровизацию процессов управления железнодорожным транспортом (по сути, создается цифровой двойник железнодорожной станции). Реализация проекта позволяет повысить безопасность на железной дороге, производительность труда, сократить количество ремонтов и замены устройств и оборудования, а также случаи срывов сроков доставки грузов, что способствует повышению качества обслуживания пассажиров и грузовладельцев, уменьшению межоперационных затрат и бумажного документооборота.

В перспективе ЦЖС позволит организовать полностью роботизированное обслуживание грузовых вагонов, осуществив вывод человека из опасных зон на железнодорожных станциях, повысить эффективность выполнения повторяющихся производственных процессов и выполнить ряд элементов безотцепочного ремонта. С 2014 г. научно-отраслевой комплекс РЖД ведет разработки в этой сфере, и Россия – один из мировых лидеров в беспилотных технологиях на железной дороге.

Такие технологии использованы в разработках институтов НИИАС и ВНИКТИ по заказу РЖД по проекту «Создание современных систем управления движением поездов и обеспечения безопасности движения» (КНП5). В рамках проекта разработаны и внедрены системы:



- управления горочным локомотивом без участия машиниста;
- автоматического регулирования скорости надвига и роспуска;
- дистанционного управления тепловозом (без машиниста).

Другой пример применения подобной технологии – беспилотный поезд «Ласточка» (серия ЭС2Г), который РЖД планирует в тестовом режиме с присутствием машиниста в кабине запустить в 2024 г. С помощью бортовой расширяемой системы управления и обеспечения безопасности движения и пульта в центре управления один машинист-оператор сможет управлять четырьмя поездами одновременно. Безопасность беспилотного поезда обеспечивается несколькими системами.



Для реализации программы импортозамещения на заводе «Уральские локомотивы» в Верхней Пышме был создан полностью российский аналог «Ласточки» – новый поезд «Финист» (серия ЭС104). Технологические решения и программный продукт, разработанные для поезда «Ласточка», полностью российские, однако агрегаты у «Ласточки» импортные. Новый поезд создан с использованием исключительно отечественных агрегатов и комплектующих. В РЖД намерены запустить беспилотные электропоезда «Финист» в 2026 г., которые к тому же имеют лучшие характеристики (416 мест (в «Ласточке» их 346)) и более комфортны для пассажиров (три туалета вместо двух).

Важным преимуществом электропоезда «Финист» является российское тяговое оборудование, позволяющее электропоезду быстро разогнаться до скорости 160 км/ч и эффективно тормозить с рекуперацией электроэнергии в контактную сеть. Технологии Интернета вещей (IoT, Internet of things) представляют собой глобальную вычислительную сеть, объединяющую материальные объекты, каждый из которых обладает устройствами связи и соответствующими датчиками, с другими объектами этой сети и внешним миром, позволяющую идентифицировать все объекты сети и их параметры.

Ряд подобных проектов в области информационной безопасности, внедрения технологий Интернета вещей, импортозамещения цифровых решений, а также развития услуг технологической и корпоративной связи РЖД реализует с государственной корпорацией «Ростех» и крупнейшими IT компаниями России, такими как ПАО «Ростелеком» и ПАО «Мегафон». Система Inspark Platform IoT (Российская инновационная IoT платформа для «умного города» и систем технологического мониторинга объектов) заложена при строительстве моста в Химках через канал имени Москвы, который будет использоваться для высокоскоростной магистрали (ВСМ) Москва – Санкт-Петербург.

Использование подобных технологий дает возможность получать полную информацию о состоянии всех объектов, осуществлять их непрерывный мониторинг и контроль, что позволяет значительно повысить безопасность железнодорожных перевозок и уменьшить эксплуатационные расходы.

Говоря о роботизации, эксплуатации беспилотных поездов, Интернете вещей, нельзя обойти стороной и квантовые технологии. Все вышеперечисленные технологии предусматривают работу с большими массивами данных (Big Data), представляемых из разных источников (не только из внутренних баз данных), с использованием различных сетей. Квантовые технологии позволяют:

- обрабатывать данные, решать сложные алгоритмы и крупномасштабные задачи оптимизации и принятия решений со скоростью и точностью, которая на порядки превышает вычислительные возможности современных технологий;
- обеспечить конфиденциальность и безопасность передачи данных и работы с ними, а, следовательно, и достоверность принятых в автоматизированном режиме решений для всех уровней систем управления объектами на железной дороге, станциях, узлах и т.д.

Физическая основа квантовых технологий – это магистральные оптоволоконные каналы РЖД. Передаваемые по ним данные шифруются алгоритмом квантового распределения ключей, что делает их практически недоступными для взлома. В случае осуществления попытки незаконного получения доступа к передаваемой информации без ключа дешифровки сами данные будут искажены, так как измерение квантового состояния фотона невозможно без внесения в него изменений. Данный принцип лежит в основе квантовой криптографии.

Но квантовые сети РЖД – это не только железная дорога. В планах РЖД создать 7000 км первичных квантовых каналов связи к концу 2024 г. и 15 000 км к 2030 г. Вопросы инновационного развития в железнодорожной отрасли, развития национальной нормативной базы, метрологии, систем управления вышеперечисленными процессами, их влияние на развитие регионов России, улучшение качества жизни населения чрезвычайно важны и требуют дополнительного детального изучения. С уверенностью можно сказать, что

эпоха больших данных как одного из элементов сквозных цифровых технологий требует совершенно новых подходов к их сбору, хранению, обработке средствами анализа и управлению результатами этого анализа.

В рамках реализации КПИР 2025 в части развития структуры управления инновационной деятельностью в холдинге выстроена система планирования, прогнозирования и формирования приоритетов инновационного и научно-технологического развития. Важная роль при внедрении и последующей эксплуатации инновационных технологий на железнодорожном транспорте отводится и системе высшего и среднего образования.

[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_79087443\\_65538308.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_79087443_65538308.pdf)

### **Опыт КНР в области оснащения технологической радиосвязью высокоскоростных железных дорог**

Автор Озеров А.В.

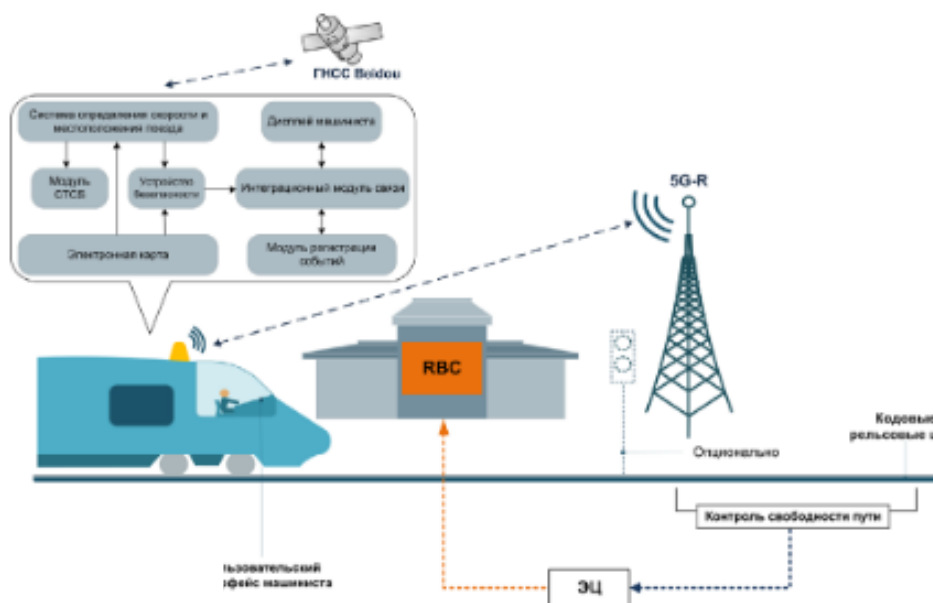
На сегодняшний день Китай является безусловным мировым лидером по протяженности и темпам строительства железнодорожной сети, которая на текущий момент составляет 160 тыс. км, из которых 46 тыс. км приходится на высокоскоростные магистрали (ВСМ). При этом большое внимание в программе уделяется развитию систем беспроводной связи, как важнейшего элемента системы управления и обеспечения безопасности движения поездов. Для обеспечения высокоскоростного сообщения в Китае практически вся сеть охвачена беспроводной системой диспетчерской связи 450 МГц и системой GSMR с частотой 900 МГц.

В настоящее время Министерство промышленности и информатизации КНР прекратило выдачу согласований на ввод в эксплуатацию новых объектов данного вида связи. Систему планируется постепенно заменить на более современное решение. В стране разработан ряд национальных технических стандартов на беспроводную систему связи диапазона 450 МГц. В КНР разработан ряд национальных технических стандартов в области GSMR. Первая высокоскоростная линия в Китае была запущена в 2008 году. Поезда на новых линиях ВСМ курсируют с максимальной скоростью 350 км/ч.

С целью обеспечения требуемого уровня безопасности перевозок при участии зарубежных компаний была создана национальная система управления движением поездов CTCS, которая основана на технологиях европейской системы ETCS/ERTMS. Технологии адаптированы к национальным условиям, включая применение рельсовых цепей как одного из каналов передачи информации с пути на поезд (наряду с радиоканалом). Система CTCS3 применяется на скоростях движения свыше 250 км/ч.

Основным средством передачи информации на поезд является цифровой радиоканал стандарта GSMR. Необходимая для каждого поезда информация поступает из центра радиоблокировки (RBC). В обратном направлении с поездов в RBC по радиоканалу передается информация о фактическом

местонахождении и скорости движения каждого поезда. Еще один уровень системы CTCS (CTCS4) находится в стадии разработки и рассматривается в качестве перспективного варианта системы нового поколения. Он предусматривает реализацию принципа подвижного блок-участка, использование интегрированного навигационного модуля на основе данных национальной спутниковой системы BeiDou и цифровой карты для задач высокоточного позиционирования, применение новых видов беспроводной связи типа LTER и 5G для двусторонней передачи ответственной информации между поездом и центром радиоблокировки RBC.



**Рисунок 1. Архитектура перспективной китайской CTCS уровень 4**

С 2015 года Китай ведет планомерную работу по разработке системы связи нового поколения на основе спецификаций FRMCS (Future Railway Mobile Communication System, система железнодорожной связи следующего поколения), разрабатываемых Международным союзом железных дорог. Было запланировано завершить ключевые технологические исследования и разработать основное оборудование для железнодорожной сети 5G к 2023 году. Компания ZTE и Китайская академия железнодорожных наук (CARS) создали лабораторию для проведения испытаний железнодорожного оборудования связи пятого поколения. В перспективе все высокоскоростные поезда будут проходить тестирование на испытательном кольце перед началом опытной эксплуатации.

В настоящее время Китай занимает первое место в мире по темпам внедрения широкополосной беспроводной связи 5G, при этом развертывание системы беспроводной связи нового поколения на железных дорогах рассматривается как часть многолетней государственной программы по развитию железнодорожного транспорта страны, в реализацию которой вовлечены многочисленные научно-исследовательские организации, разработчики и производители железнодорожной техники



телекоммуникационного оборудования. О серьезной поддержке данного направления со стороны государства свидетельствует и то, что Китай опережает другие страны в области патентования изобретений, связанных с широкополосной беспроводной связью и ее применением на железнодорожном транспорте.

[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_75997723\\_19425942.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_75997723_19425942.pdf)

### **Совершенствование государственного управления железнодорожным транспортом (на примере высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва-Санкт-Петербург)**

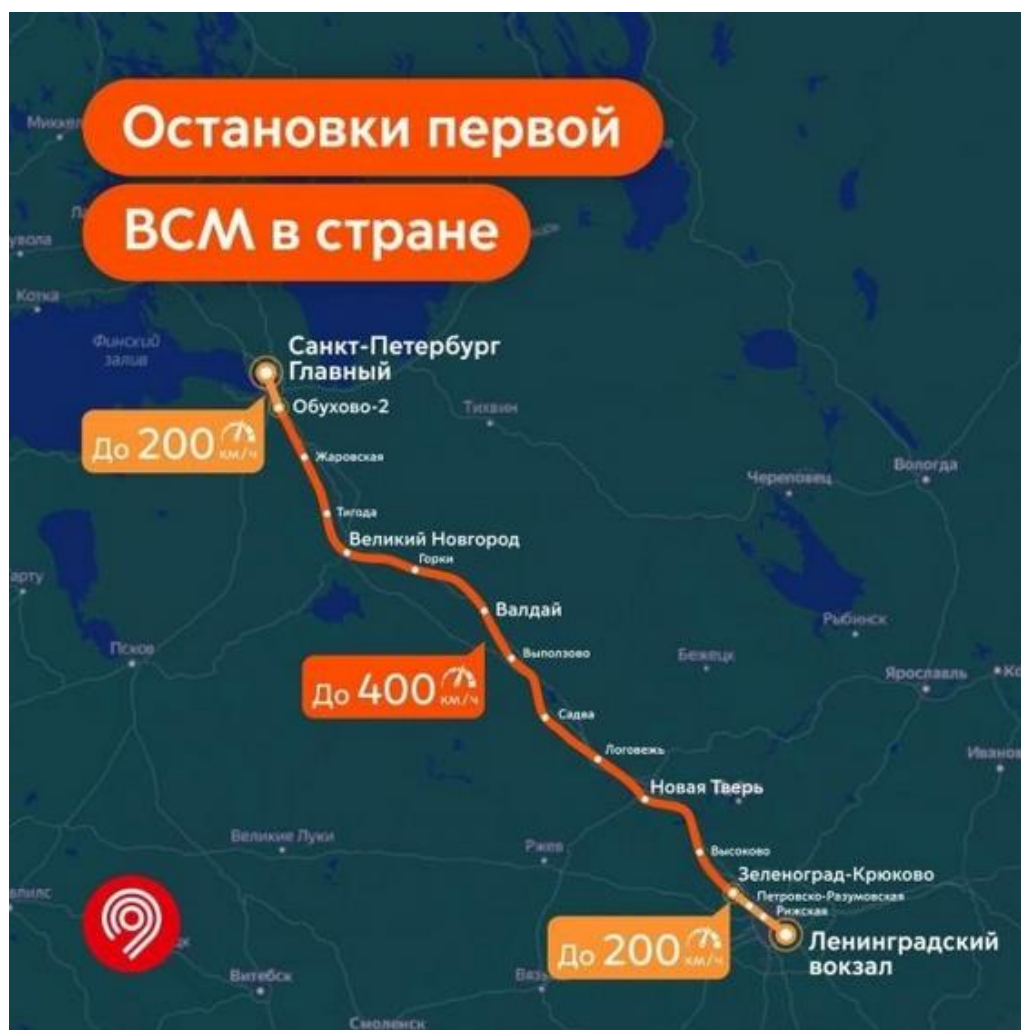
Авторы Родионов М.А., Карабанов М.А.

Среди широкого спектра задач, возложенных на ОАО «РЖД», помимо перевозки пассажиров и грузов, следует отметить выполнение работ по эксплуатации, содержанию и ремонту инфраструктуры. Каждый из указанных процессов четко регламентирован, централизован с точки зрения управления и направлен на обеспечение надежного функционирования отрасли в целом. Владелец и исполнителем процессов в части обслуживания существующей железнодорожной инфраструктуры общего пользования является ОАО «РЖД», для которого по факту единственным учредителем и акционером является государство, а полномочия акционера осуществляет Правительство Российской Федерации.

Процесс государственного управления первой планируемой высокоскоростной железнодорожной магистралью Москва-Санкт-Петербург со скоростями движения пассажирских поездов до 400 км/ч будет иметь свои особенности по сравнению с существующей структурой управления железнодорожным транспортом. Распоряжением Правительства РФ от 5 июля 2024 года №1397р утверждены основные условия концессионного соглашения, в которых определены вопросы проектирования, строительства и эксплуатации инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта от станции Крюково (Алабушево) до станции Санкт-Петербург Главный, приобретения и эксплуатации высокоскоростного железнодорожного подвижного состава, предназначенного для перевозки пассажиров на вновь создаваемой инфраструктуре по маршруту «Москва – Санкт-Петербург» (далее – ВСЖМ1), а также вопросы финансирования проекта. Концедентом в этом проекте является Российская Федерация, но, согласно подписанному 5 июля 2024 г. концессионному соглашению, её полномочия осуществляет Федеральное агентство железнодорожного транспорта (Росжелдор), концессионером выступает ООО «ВСМ Две Столицы».

Высокоскоростная железнодорожная магистраль проектируется как комплекс сложных современных интегрированных друг с другом технических решений, который должен обеспечить движение поездов со скоростью 400

км/ч. Для функционирования этого комплекса необходимо построить 17 новых тяговых подстанций суммарной мощностью свыше 600 МВт, что потребует так же усиления системы внешнего электроснабжения для получения указанной мощности. Железная дорога общей протяженностью около 679 км будет проходить по территории городов Москва и Санкт-Петербург и областей – Московской, Тверской, Новгородской и Ленинградской.



На сегодняшний день в мире нет железнодорожного транспорта на контактной системе токосяема (когда подвижной состав движется за счет энергии, получаемой из контактной сети, посредством механического контакта) с проектной и эксплуатационной скоростями свыше 350 км/ч. Германии, Испании и т.п.) не всегда позволяет заимствовать зарубежные уже известные и апробированные практикой технические решения. Ситуация также осложняется введенными против России санкциями. Так, например, только в части железнодорожного электроснабжения для надежного взаимодействия контактной подвески с поездом на скоростях движения свыше 350 км/ч необходимо обеспечить повышенное натяжение проводов контактной сети по сравнению с зарубежными аналогами. Это ужесточает требования по прочностным характеристикам для контактного провода и

несущего троса, для опорно-поддерживающих конструкций, машин и механизмов, по монтажу и текущему содержанию электроэнергетической инфраструктуры. Скорость в 400 км/ч определяет особые требования по безопасности движения, что требует внедрение систем постоянного мониторинга и технического диагностирования на ответственных узлах и элементах с возможностью оперативного реагирования на отклонения параметров от нормы в режиме реального времени.

Это касается не только железнодорожного электроснабжения, но и путевой инфраструктуры, искусственных сооружений, железнодорожной автоматики и телемеханики. Реализация столь амбициозного проекта требует консолидации научного сообщества, проектных и строительно-монтажных организаций, производителей как элементов инфраструктуры, так и специальной техники, а также средств обслуживания. Необходима непросто интеграция, а выстраивание понятной вертикали взаимодействия данных структур, описание процессов, определение владельцев по каждому из них, входов и выходов, разработка критериев оценки качества, а также анализ и управление возможными рисками. Проект имеет финансовые риски, которые обусловлены, в первую очередь, колебаниями в банковском секторе, возможным удорожанием инновационных технических решений по сравнению с прогнозируемой начальной стоимостью, отсутствием технологии изготовления сооружений и возможности её заимствования.



Важным моментом в управлении этими риском является принятие решений на основе экономической оценки для всего жизненного цикла ВСЖМ1, а не стоимости отдельно взятого технического решения. Для



реализации такого подхода должен быть единый центр управления процессами и принятия эффективных решений, основу которого должны составлять инженерно-технические специалисты совместно с финансово-экономическим блоком. Так, например, уже на этапе проектирования необходимо закладывать в проект одинаковые технические решения на всем протяжении дороги. Впоследствии это позволит иметь единую технологию обслуживания на всем протяжении и оперативно реагировать на внештатные ситуации с оборудованием (отказы, поломки, замена и ремонт).

Также на этом этапе важно принять грамотные инженерные решения с учетом описанной выше специфики, а не руководствоваться имеющимися технологиями у производителей, например, искусственных сооружений. Нужно осваивать новые технологии (при необходимости) сооружения инфраструктуры, а не сооружать то, что умеем, несмотря на то, что это может не соответствовать требованиям и расчетам для таких высоких скоростей. Цена ошибки может быть слишком велика.

Успех проекта зависит не только от наличия единого центра управления и прозрачной вертикали взаимодействия, но и от наличия в них качественно выстроенной системы управления рисками. Необходимо оперативное реагирование на изменения, четкое понимание того, как отдельно взятое отклонение параметра, вызванное каким-то фактором, повлияет на конкретный процесс и проект в целом.

Рассматриваемый в статье проект является уникальным, не имеющим аналогов в мире. Этим объясняется сложность его, в первую очередь, технической реализации в существующих геополитических условиях. Вместе с тем, при успешном выполнении проекта, открываются перспективы его реализации в других регионах и странах.

[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_75096898\\_12087075.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_75096898_12087075.pdf)

## **Оценка возможности модернизации пассажирских вагонов для грузовых перевозок на высокоскоростных магистралях**

Авторы Кононов Д.П., Будюкин А.М., Кондратенко В.Г.

В транспортных стратегиях ряда стран высокоскоростной железнодорожный транспорт является одной из опорных точек их предполагаемого будущего. Для безотказной работы высокоскоростного транспорта требуется специальная инфраструктура, в первую очередь необходимы высокоскоростные железнодорожные магистрали и специальный подвижной состав – высокоскоростной наземный транспорт. Высокоскоростные железнодорожные магистрали (ВСМ) – это новые высокоскоростные железнодорожные линии, выделенные по всей длине или на отдельных участках, по которым пассажирские поезда движутся со скоростью 250 км/ч и более.



Высокоскоростной наземный транспорт (ВСНТ) – это система наземного железнодорожного транспорта с использованием специальных путей (высокоскоростной рельсовый транспорт) или поездов на магнитной левитации, движущихся со скоростью 250 км/ч и более. В России данный вид транспорта только начинает зарождаться – два проекта переходят в стадию строительства. Наиболее важным проектом строительства для Евразийского континента является грузопассажирская ВСМ «Евразия», которая соединит системы ВСМ Европы и Азии через Россию, Белоруссию и Казахстан. Согласно техническому заданию на проектирование будущей ВСМ «Евразия», планируется не только ведение пассажирских перевозок на скоростях около 400 км/ч, но и обеспечение грузовых перевозок на скоростях более 250–300 км/ч. Отсутствует подвижной состав, который удовлетворяет поставленным скоростям движения.

В настоящее время в мире не существует высокоскоростных наземных транспортных систем, предназначенных для грузовых перевозок. Поскольку глобального аналога нет (нигде еще не проектировались высокоскоростные грузовые вагоны), вагоны будут разрабатываться на базе существующих пассажирских электропоездов. Предполагается, что базовый вариант поезда будет состоять из 12 вагонов для максимальной скорости движения 350 км/ч. При этом вносятся коррективы в конструкцию и ряд элементов электропоезда. Элементы интерьера, такие как сиденья, багажные полки и ряд электрооборудования, предназначенные для пользования пассажирами, будут демонтированы, что позволит снизить массу состава и перевозить большие грузы.

Изменения коснутся и экстерьера электропоезда. Будет изменено расположение иллюминаторов, чтобы свести их количество к минимуму. Данные изменения позволят оптимизировать производство такого подвижного состава, что улучшит характеристики самого транспорта. Использование легких авиационных контейнеров с жестким растягивающимся корпусом – интересная инженерная идея. На высокоскоростном грузовом составе недопустима перевозка грузов открытым способом, так как это создает дополнительные сопротивления движению поезда, что несет за собой потери. Для улучшения эксплуатационных характеристик поезд имеет обтекаемую форму с минимальными выступами в передней части, а токоприемники оснащены специальными аэродинамическими щитами. Кроме того, ходовое оборудование закрыто специальным щитом. Использование таких конструктивных решений снижает аэродинамический шум.

В Китае (2020 г.) построили новый высокоскоростной поезд семейства Fuxing, который способен развивать скорость до 450 км/ч и который может эксплуатироваться при температурах от –50 до + 50 °С. Главная особенность этого поезда – это способность изменять ширину колеи колесной пары с 1435 мм на 1520 мм, причем это происходит прямо на ходу и занимает не более 50 секунд. Преобразование колесных блоков для работы на железных дорогах

разной ширины происходит при прохождении их через стационарные передаточные устройства, расположенные на стыках железных дорог разной ширины. Предполагается, что эти составы будут использоваться для международных перевозок между Китаем и Россией, Казахстаном и Монголией, в частности между Пекином и Москвой.

Стоит отметить, что в проектной работе «Евразия», которая будет представлена в будущем, речь пойдет о грузовых транспортных средствах, разработанных на базе пассажирских высокоскоростных электропоездов. Проектирование подвижного состава на основе существующих моделей электропоездов позволит сократить издержки при производстве ввиду унификации ряда элементов подвижного состава. К таким элементам могут относиться элементы ходовой части, элементы управления электропоезда, элементы корпуса и обшивки и др.

В целом ВСМ «Евразия» – это сложный трансконтинентальный проект. Его реализация потребует полного переосмысления работы железнодорожного транспорта и подхода к транспорту в целом. Он «революционизирует» грузовые железнодорожные перевозки и создаст новое направление в железнодорожном транспорте – высокоскоростные грузовые поезда, и работа над проектом ВСМ и будущими грузовыми электропоездами имеет огромное значение для России, социально-экономического положения страны и конкурентоспособности российской сети железнодорожного транспорта. Магистраль поднимет уровень дальности и скорости перевозок на десятилетия вперед. Необходимо создать новый тип транспортного средства и новую нормативную базу, которая обеспечит его разумную эксплуатацию на территории всех стран участниц. Проект реализуется постепенно, но отсутствие опыта в создании такого крупного проекта сделало решение описанных проблем сложным и длительным.

[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_78869042\\_75384805.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_78869042_75384805.pdf)

### **Новые одноэтажные поезда Coradia Stream**

Компания Alstom представила новые одноэтажные поезда Coradia Stream, разработанные для управляющей компании железных дорог Каталонии Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC).

Новый подвижной состав был показан на Всемирном конгрессе мобильности (TMWC), проходившем в Барселоне. Пятивагонные поезда, каждый из которых вмещает 656 пассажиров, будут с 2026 г. курсировать с интервалом чуть менее 23 мин по 15 километровой линии с семью промежуточными станциями между Барселоной и аэропортом Барселона – Эль-Прат.



В вагонах с широкими проходами предусмотрены багажные отсеки, места для велосипедов, панорамные экраны с информацией о расписании рейсов аэропорта, а также автоматические пандусы для маломобильных пассажиров, специальная система оповещения для людей с нарушением слуха. Контракт, заключенный с Alstom, предусматривает производство поездов на заводе компании в Санта-Перпетуа-де-Могода в Каталонии и их техническое обслуживание в течение 15 лет.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_79714824\\_11443002.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_79714824_11443002.pdf)

### **Концепция технологии цифровых двойников для мониторинга энергоэффективности системы тягового электроснабжения**

Авторы Кузнецов А.А., Комяков А.А., Вильгельм А.С., Давыдов А.И.

В Энергетической стратегии ОАО «РЖД» установлен целевой показатель по снижению энергоемкости производственной деятельности как минимум на 5,5 % к 2035 году в сравнении с 2021 годом. При этом наибольшая доля энергозатрат железнодорожного транспорта связана с обеспечением перевозочного процесса на электрической тяге. Это обуславливает актуальность вопросов энергетической эффективности электрической тяги поездов. При этом надо понимать, что само по себе повышение энергетической эффективности перевозочного процесса является сложной и многоуровневой задачей.

В энергообеспечении тяги поездов на электрифицированных участках задействованы и непосредственно влияют на его эффективность различные технические устройства, технологические процессы, организационные мероприятия и внешние факторы. Все это тесно связанные и взаимовлияющие элементы сложной структуры, с одной стороны обеспечивающей перевозочный процесс электроэнергией, с другой стороны, обуславливающей энергоемкость этого процесса. Итоговый показатель энергоэффективности

электрической тяги поездов будет формироваться из энергоэффективности отдельных обеспечивающих ее и взаимосвязанных составных элементов:

- системы тягового электроснабжения (СТЭ);
- электроподвижного состава (ЭПС) и режимов его работы;
- не тягового подвижного состава (различных типов составов, масс поездов, вагонов различных типов и характеристик);
- профиля и состояния пути;
- системы организации движения поездов, включая график движения поездов и др.

Для решения задачи повышения энергоэффективности электрической тяги поездов в первую очередь необходимо организовать качественный комплексный мониторинг энергетических параметров и показателей перевозочного процесса на участках железных дорог.

В настоящее время в ОАО «РЖД» реализуется проект «Цифровая железная дорога», в рамках задач которого ведутся исследования учеными АО «НИИАС», ПГУПС, ПривГУПС, НИИТКД, РУТ (МИИТ) и др. Исследования сконцентрированы на цифровизации процессов ремонта локомотивов, систем автоведения и технического зрения, применении цифровых двойников бизнес-процессов, цифровой диагностики элементов железнодорожной инфраструктуры.

Согласно указанным исследованиям, применение цифрового двойника бизнес-процессов энергообеспечения тяги поездов дало возможность прогнозирования расхода электроэнергии с погрешностью не более 3,1-3,7 %, что позволяет говорить о широких перспективах применения цифровых двойников для решения задач мониторинга энергоэффективности перевозочного процесса.

В целом в России достаточно широко представлены работы по применению цифровых двойников в энергетических и электротехнических системах, в том числе в промышленности. Исследования же зарубежных ученых в рассматриваемой области сконцентрированы главным образом на применении управляемых устройств компенсации реактивной мощности, повышении качества электроэнергии и применении возобновляемых источников энергии и накопителей в системе тягового электроснабжения, применении технологий цифровых двойников и искусственного интеллекта для прогнозирования расхода электроэнергии, решения задач диагностики железнодорожной и энергетической инфраструктуры.

Таким образом, научные исследования отечественных и зарубежных ученых в рассматриваемом направлении концентрируются на вопросах повышения энергоэффективности системы тягового электроснабжения за счет применения устройств компенсации реактивной мощности, накопителей электроэнергии, и на вопросах качества электроэнергии.

Также широко рассмотрены и вопросы прогнозирования расхода электроэнергии на тягу поездов. Отметим, что в последние годы появляется всё больше исследований по применению цифровых двойников на



железнодорожном транспорте, однако они в основном сконцентрированы на вопросах диагностики железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава, управления бизнес-процессами. Можно отметить, что в настоящее время практически отсутствуют исследования, направленные на оценку возможности применения цифровых двойников для реализации технологии мониторинга энергетической эффективности перевозочного процесса.

В связи с вышеизложенным, в настоящей работе предлагается в модели мониторинга энергоэффективности перевозочного процесса заменять часть информации, получаемой с реального ЭПС и отдельных элементов СТЭ, информацией, получаемой с их цифровых двойников. Цифровые двойники интегрируют динамические модели указанных элементов перевозочного процесса в систему мониторинга, при этом для получения информации используются исключительно неинтрузивные датчики. Эта архитектура позволяет разрабатывать модели энергоэффективности перевозочного процесса, по которым нет полных знаний, путем определения неизвестных параметров модели с помощью машинного обучения в реальном времени. Отличительной особенностью системы является возможность оценки показателей энергоэффективности системы тягового электроснабжения в различных условиях эксплуатации, включая сценарии, которые отличаются от типичного функционирования (например, в режимах работы железнодорожного участка «в окно», после проведения ремонтных работ, а также в условия существенного изменения грузопотоков и т.п.).

Предлагаемое решение предполагает разделение всех необходимых исходных параметров на три группы:

1) параметры, определяемые по фактическим отчетным данным или поданным измерений (данные о профиле пути, работе СТЭ, расходе электроэнергии, токах и напряжениях по фидерам контактной сети, графике движения поездов, погодных условиях и др.);

2) параметры, рассчитываемые разработанной системой по известным выражениям и правилам (пересчитанные токовые характеристики ЭПС, сопротивления движению поездов в рассматриваемых моментах времени и др.);

3) недостающие (неполные) параметры, восстанавливаемые цифровыми двойниками ЭПС и отдельных элементов СТЭ (координата поезда, электромеханические и тяговые характеристики, режим работы, КПД, сила тяги, напряжение на токоприемнике и токи, потребляемые каждой единицей ЭПС на участке в рассматриваемом периоде времени, работа активных устройств электроснабжения и др.).

Научная новизна подобного исследования заключается в разработке технологии мониторинга энергетической эффективности системы тягового электроснабжения и управления перевозочным процессом, отличающейся тем, что для восстановления неполных данных используются цифровые двойники элементов системы тягового электроснабжения и электроподвижного состава.

Объектом исследования в данном случае становится система тягового электроснабжения и параметры ее работы при обеспечении перевозочного процесса электроэнергией. Предметом исследования можно считать технологию восстановления неполной информации об элементах СТЭ и ЭПС путем применения цифровых двойников для решения задачи мониторинга энергоэффективности.

В настоящем исследовании предлагается решение комплекса задач, связанных с разработкой архитектуры цифровых двойников элементов СТЭ и ЭПС для реализации технологии мониторинга энергетической эффективности перевозочного процесса в условиях неполных данных и разработкой концепции системы поддержки принятия решений для поездного диспетчера, позволяющей учитывать критерий энергоэффективности СТЭ и ЭПС для оперативного управления поездной ситуацией.

Для достижения поставленных задач предполагается комплексное применение хорошо зарекомендовавших себя методов математического моделирования системы тягового электроснабжения в отечественном программном комплексе SimIn Tech, общей теории измерений, теории тяги поездов, теории оперативного управления перевозочным процессом, методов расчета линейных и нелинейных электрических цепей, теории автоматического управления, теории создания цифровых моделей и цифровых двойников, которые успешно использованы коллективом авторов проекта в ходе предыдущих исследований. Применение предлагаемого решения позволит перейти от устаревшей технологии анализа, мониторинга и прогнозирования энергетических показателей на основе экспертных систем к современной методологии мониторинга и управления энергоэффективностью перевозочного процесса в режиме реального времени, отвечающей требованиям проекта «Цифровая железная дорога». Важным элементом предлагаемой технологии должна стать система поддержки принятия решений для поездного диспетчера, позволяющая учитывать критерий энергоэффективности СТЭ и ЭПС для оперативного управления поездной ситуацией. Результаты работы могут быть масштабированы на любые электрифицированные железнодорожные полигоны в России и за рубежом. Таким образом, реализация предлагаемой технологии позволит:

- 1) повысить объективность системы оценки энергоэффективности перевозочного процесса;
- 2) снизить расход электроэнергии на тягу поездов за счет эффективного анализа и своевременного принятия управленческих решений;
- 3) повысить точность верификации энергоэффективности мероприятий по энергосбережению в перевозочном процессе;
- 4) усовершенствовать систему поддержки принятия решений при реализации мероприятий программы энергосбережения в тяге поездов;
- 5) сократить трудозатраты, снизить влияние человеческого фактора, упростить процесс анализа показателей энергетической эффективности за счет визуализации.

## **Применение гибридных вольтодобавочных трансформаторов для управления режимами работы системы тягового электроснабжения**

Автор Тарасевич В.А.

Повышение эффективности использования энергоресурсов в области железнодорожных перевозок является основной целью, принятая в ОАО «РЖД». В настоящее время эксплуатационная длина электрифицированных участков железных дорог в ОАО «РЖД» составляет более 44,3 тыс. км, из них более 57 % электрифицировано на переменном токе напряжением 25 кВ и частотой 50 Гц. Вольтодобавочный трансформатор является важным элементом электрических сетей. Он позволяет эффективно регулировать напряжение в отдельных участках сети и обеспечивать его стабильность. Их основное назначение создание дополнительной ЭДС, которая складывается с напряжением сети и изменяет его. Это позволяет:

- 1) стабилизировать напряжение при изменениях нагрузки;
- 2) выравнять напряжение в разных точках сет;
- 3) компенсировать падение напряжения в линиях.

Вольтодобавочные трансформаторы применяются:

- 1) в распределительных сетях для регулирования напряжения у потребителей;
- 2) на тяговых подстанциях электрифицированных железных дорог;
- 3) в системах электроснабжения промышленных предприятий.

Их использование позволяет отказаться от других более дорогостоящих мероприятий по регулированию напряжения. Вольтодобавочный трансформатор создает дополнительную ЭДС за счет электромагнитной индукции. Его вторичная обмотка включается последовательно в цепь вторичной обмотки основного трансформатора или просто в рассечку линии. Первичная обмотка вольтодобавочного трансформатора питается от регулируемого автотрансформатора, который в свою очередь получает питание от сети. Таким образом, изменяя коэффициент трансформации автотрансформатора, можно регулировать величину добавочной ЭДС.

Вольтодобавочные трансформаторы бывают регулируемые и нерегулируемые. В первом случае используется схема с автотрансформатором, во втором применяются трансформаторы с фиксированным коэффициентом трансформации. Существуют разные способы включения вольтодобавочных трансформаторов, позволяющие регулировать напряжение как по величине (модулю), так и по фазе. По конструкции вольтодобавочный трансформатор мало чем отличается от обычного силового трансформатора. Основными элементами являются:

- 1) магнитопровод из листов электротехнической стали;
- 2) обмотки из изолированного провода или шины;

- 3) бак с радиаторами для охлаждения;
- 4) расширитель для компенсации изменения объема масла;
- 5) вводы и переключатели.

Для изоляции обмоток применяют бумагу, пропитанную маслом или лаком. В небольших вольтодобавочных трансформаторах используется сухая изоляция. Система охлаждения может быть естественной воздушной или принудительной с использованием насосов и радиаторов. Выбор типа охлаждения зависит от мощности трансформатора. Вспомогательные устройства включают термосигнализаторы, защиту от перенапряжений, пробивные предохранители. Конструкция вольтодобавочного трансформатора должна обеспечивать надежную работу в заданном диапазоне мощностей и напряжений.



Эксплуатация вольтодобавочных трансформаторов во многом схожа с обслуживанием обычных силовых трансформаторов. Необходимо проводить периодические осмотры, измерения параметров и анализ рабочих характеристик. Особое внимание уделяется состоянию контактных соединений, изоляции и системы охлаждения. При возникновении неисправностей проводится диагностика с использованием современных методов, таких как хромато-графический анализ растворенных в масле газов, фурьеанализ и другие. При необходимости производится ремонт или замена вышедших из строя элементов. Работы ведутся с соблюдением правил электро и пожаробезопасности. Особые требования предъявляются к транспортировке и хранению вольтодобавочных трансформаторов. Необходимо исключить механические повреждения и попадание влаги в активную часть. Правильная эксплуатация позволяет обеспечить надежную работу вольтодобавочных трансформаторов в течение всего срока службы.

Современные вольтодобавочные трансформаторы имеют большую перспективу в развитии и постоянно совершенствуются. Разрабатываются новые технические решения, повышающие эффективность и надежность. Одним из перспективных направлений является применение цифровых технологий. Разрабатываются конструкции трансформаторов для интеллектуальных сетей Smart Grid. Они оснащаются датчиками, микропроцессорными системами управления и интерфейсами для взаимодействия с автоматизированной системой. Для распределительных сетей 10 кВ широко применяются масляные вольтодобавочные трансформаторы с естественным масляным охлаждением. Они выпускаются мощностью от 250 кВА до 2,5 МВА, с регулированием напряжения  $\pm 10\%$ . Конструктивно выполняются в виде однофазных колонок или трехфазного блока. Такие трансформаторы устанавливаются на подстанциях в распределительных сетях для регулирования напряжения, компенсации потерь.

Современные вольтодобавочные трансформаторы часто оснащаются микропроцессорной системой автоматического регулирования для поддержания заданных параметров напряжения. Правильный выбор обеспечит надежную работу вольтодобавочного трансформатора в конкретных условиях эксплуатации.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80170378\\_89498116.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80170378_89498116.pdf)

### **Моделирование электрических параметров электровоза на основе технологии «цифровой двойник»**

Автор Будаев А.А.

В условиях постоянного роста требований к надежности и эффективности работы электровозов, моделирование их электрических параметров на основе технологии «Цифровой двойник» становится ключевым элементом управления и оптимизации. Цифровой двойник – виртуальная модель реального физического объекта или системы, с помощью которой можно анализировать данные, поступающие из информационных систем и разнообразных датчиков, а также прогнозировать возможные неисправности и аварийные ситуации.

Применение цифровых двойников позволит сократить эксплуатационные расходы, повысить эффективность и безопасность движения электроподвижного состава, кроме этого, с внедрением данной технологии открываются следующие возможности:

- возможность мониторинга состояния объекта в режиме реального времени;
- неограниченное число виртуальных испытаний и экспериментов;
- предиктивная диагностика работы объекта, прогнозирование неисправностей и аварийных ситуаций.



В рамках данной статьи выполнено моделирование электрических параметров электровоза 2ЭС6 с помощью разработанной компьютерной модели на основе технологии «Цифровой двойник». Модель выполнена в программном обеспечении MatLab с использованием графической среды для программирования Simulink. Объектом моделирования является электрическая часть электровоза 2ЭС6 для последовательного соединения тяговых электродвигателей (ТЭД). Моделирование выполнялось на основе ретроспективных данных из микропроцессорной системы управления и диагностики (МПСУиД) электровоза для проверки работоспособности и достоверности полученных параметров. Анализ полученных параметров и корреляционная связь между массивами данных позволяют утверждать об адекватности и достоверности разработанной компьютерной модели электрической части электровоза 2ЭС6 на основе технологии «Цифровой двойник». Планируется разработка программно-аппаратного комплекса для выявления отклонений и аномалий в работе электрооборудования электровоза в процессе движения.

В системе будут предусмотрены следующие элементы: модуль машинного обучения и модели нейронных сетей для прогнозирования параметров движения на ближайшие минуты, а также для предсказания неисправностей или аварийных режимов. Исходными данными для таких моделей являются параметры пути и движения электровоза в реальном времени. Для самообучения моделей также необходимо использовать цифровой двойник электровоза, ввиду ограниченного количества данных о реальных поездках.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод о целесообразности разработки компьютерной модели на основе технологии «Цифровой двойник» для моделирования параметров электровоза 2ЭС6 в пути следования. Смоделированные массивы данных будут использоваться для обучения моделей нейронной сети, с целью выявления отклонений и аномалий в работе технологического оборудования, а также для прогнозирования возможных неисправностей электроподвижного состава, что и является предметом дальнейших исследований автора.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80170378\\_89498116.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80170378_89498116.pdf)

## **Применение нейросетевых наблюдателей в системах управления электрическим подвижным составом**

Авторы Евстафьев А.М., Сычугов А.Н.

Анализ параметров работы микропроцессорной системы управления показал, что штатные регуляторы, не способны учитывать нелинейность и динамическую вариативность параметров электрического оборудования подвижного состава. Известно, что колебания напряжения в контактной сети могут значительно превышать номинальные параметры, особенно при

больших углах управления и удалённости от тяговой подстанции. В некоторых случаях амплитуда этих искажений может быть в 1,6-1,8 раза больше амплитуды питающего напряжения. Одной из сложных задач является обеспечение точного и устойчивого управления в условиях изменяющихся параметров и режимов работы системы тягового электроснабжения и тягового оборудования электрического подвижного состава, так как реакция системы на управляющие воздействия ограничена инерционностью силовой схемы и нелинейностью характеристик.

Проблема качества регулирования усугубляется тем, что при современных условиях эксплуатации тягового подвижного состава возросли требования к надёжности, точности и эффективности работы систем управления, а существующие методы их реализации не способны обеспечить необходимые показатели. Важно отметить, что отсутствие адаптации и самонастройки систем регулирования к изменяющимся внешним и внутренним условиям эксплуатации не позволяет достичь высокой точности управления, что приводит к увеличению энергопотребления, износу оборудования, и снижению общей надёжности электрического подвижного состава.

Перспективным подходом решения разработки адаптивных нейросетевых наблюдателей является применение обучения с подкреплением, которое позволяет подбирать параметры регуляторов на основе взаимодействия с объектом управления. Особенно перспективными для этого направления являются алгоритмы глубокого обучения с подкреплением, такие как Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG), Twin Delayed DDPG (TD3) и Soft Actor Critic (SAC), которые способны обучаться на сложных динамических системах и учитывать нелинейности в поведении объекта.



улучшить адаптацию системы автоматического управления электрическим подвижным составом к изменяющимся условиям эксплуатации.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80170378\\_89498116.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80170378_89498116.pdf)

### **Анализ современных технических средств и технологий мобильного сервиса подвижного состава**

Авторы Безбородов С.О., Смирнов В.А.

Ключевым фактором безопасности перевозочного процесса на железнодорожном транспорте является обеспечение надежности подвижного состава. Залогом поддержания должного технического состояния локомотивного парка является своевременное проведение планового технического обслуживания (ТО), сочетающего в себе операции технического осмотра основных узлов и агрегатов, экипировку локомотива, замену быстроизнашиваемых элементов (тормозных колодок, электрических щеток и т.д.), а также устранение замечаний и мелких неисправностей, выявленных в ходе эксплуатации локомотивной бригадой. Для организации планового ТО создана сеть пунктов технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ), расположенных, как правило, на сортировочных или участковых станциях, где производится отцепка локомотивов от состава поезда. Данная система организации распространяется на локомотивы, работающие во всех видах движения, включая хозяйственное и маневровое.

Основной проблемой, существенно снижающей эффективность системы технического обслуживания маневрового парка локомотивов, является необходимость передислокации тепловоза со станции эксплуатации (работы) на ПТОЛ или в основное депо, что обуславливает значительные потери времени. Одним из возможных решений вопроса повышения эффективности технического обслуживания маневровых локомотивов является применение технологии мобильного сервиса, когда обслуживание осуществляется в полевых условиях выездной бригадой, доставляющей к тепловозу необходимые материалы, инструмент и технологическое оборудование.

Первые попытки внедрения этой технологии для обслуживания локомотивного и вагонного парка предприняты и на железных дорогах России. Так частной организацией ООО «Единая промышленная компания» создан бизнес-продукт «Депо на колесах», заключающийся в предоставлении услуг собственникам подвижного состава по проведению технического обслуживания и текущего ремонта на месте эксплуатации. Технический комплекс мобильного сервиса разработан на базе автомобиля ГАЗель NEXT, который, обеспечивает доставку ремонтной бригады, специализированного оборудования, запасных частей и материалов на место работ.



Внешний вид «Депо на колесах»

Отличительной особенностью данного технического решения является возможность быстрой передислокации мобильного комплекса к обслуживаемому локомотиву, а также многообразие средств, необходимых для выполнения технического обслуживания.

Мобильный комплекс включает в себя следующее оборудование:

1) мобильный токарный станок – для проведения мобильной обточки без выкатки вагонных и локомотивных колесных пар на железнодорожных путях без предварительной подготовки;

2) индикатор ресурса подшипников ИРП12, предназначенный для контроля технического состояния подшипников качения на основе акустической эмиссии в диапазоне частот 20300 кГц работающего подшипника;

3) заправочный комплекс букс, моторно-осевых подшипников, колесно-зубчатой передачи и других частей экипажной части локомотивов смазочными материалами;

4) передвижное зарядное устройство (ПЗУ), предназначенное для проведения диагностики и заряда аккумуляторных батарей (АБ) подвижного состава без их демонтажа;

5) устройство проверки силовых цепей, предназначенное для измерения активных сопротивлений в электрических цепях подвижного состава;

6) измеритель параметров локомотивных катушек ИПЛК, предназначенный для контроля аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) непосредственно на локомотиве;

7) мегомметр для измерения сопротивления изоляции силовых и вспомогательных электрических цепей.

Для выполнения слесарных операций внутри кузова автомобиля установлен универсальный верстак, слесарные тисы, заточной станок, система хранения метизов и инструмента. Создатели «Депо на колесах» декларируют возможность проведения на его основе всех видов технического



обслуживания, включая ТО4 и текущего ремонта ТР1 локомотивов! Не решенным остается только вопрос экипировки тепловоза песком и водой, что объясняется ограниченной грузоподъемностью базовой платформы ГАЗель NEXT.

Для заправки тягового подвижного состава песком в полевых условиях проектно-конструкторским бюро локомотивного комплекса ОАО «РЖД» разработан «Мобильный пункт заправки локомотивов песком».



Мобильный пункт заправки локомотивов песком

Мобильный пункт позволяет хранить песок в объеме 1,8 м<sup>3</sup>, транспортировать его и заправлять песочные бункеры локомотива посредством сжатого воздуха.

Мобильный сервис, как альтернативное направление традиционной системе ремонта в стационарных условиях, с успехом применяется в аграрном комплексе, авиации, электроэнергетике и в других отраслях. Передвижные ремонтные мастерские (ПРМ) применяются для проведения ремонтных работ, а также профилактического обслуживания авто, дорожно-строительной, тракторной и любой самоходной техники. Они оснащены оборудованием для газовой резки, дуговой сварки, а также для выполнения различных слесарных работ. Также передвижные мастерские ПАРМ и ПРМ комплектуются, как правило, токарными станками. Передвижные мастерские могут осуществлять буксировку тракторов (легких колесных), грузовых авто, а также вытаскивать автомобили, увязшие в снегу или грязи.

В числе базовых функций передвижных мастерских следует отметить: выполнение комплекса слесарных, сварочных и покрасочных работ, обеспечение зоны проведения работ грузоподъемными механизмами, электроэнергией, сжатым воздухом, горюче-смазочными материалами, размещение ремонтного персонала в изолированном отсеке. В качестве

базовой платформы используется шасси КАМАЗ, МАЗ, УРАЛ, MAN, Hyundai и других марок

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80170378\\_89498116.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80170378_89498116.pdf)

### **Увеличение пропускной способности восточного полигона при реализации тяжеловесного движения с применением технологии цифровых двойников**

Авторы Григоренко П.В., Мельниченко О.В., Линьков А.О.

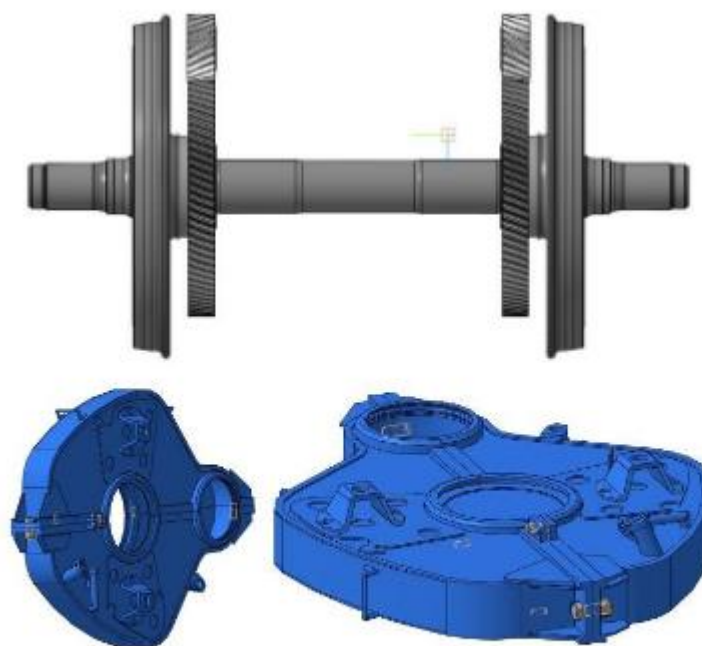
Надежность техники и обеспечение ее безотказной работы является актуальной задачей. В соответствии с отраслевым стратегическим документом «Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года», утвержденным распоряжением Правительства РФ от 19.03.2019 г. № 466р, перед компанией ОАО РЖД поставлена задача к 2025 году повысить уровень технической безопасности тягового подвижного состава с обеспечением увеличения скорости и массы поездов.

В связи с этим, особое внимание следует уделять техническому состоянию наиболее важных узлов подвижного состава, необходимо своевременно выявлять причины ухудшения их состояния. С такими задачами справляется новая производственная технология – создание цифровых двойников, позволяющая в режиме реального времени, посредством связи с аналогичным физическим объектом производить оперативный контроль его технического состояния с возможностью прогнозирования его остаточного ресурса и потенциальных отказов. По своей сути цифровые двойники представляют собой виртуальные реплики физических объектов, процессов или систем, позволяющие мониторить, анализировать и корректировать их работу.

Целью создания цифрового двойника является выполнение технических и тактико-технических требований к изделию, снижение себестоимости и сроков разработки опытных образцов изделия, повышение технологичности изделия, а также повышение надежности и эффективности эксплуатации изделия.

В связи с расширяющимися возможностями применения технологии цифровых двойников представляет интерес их разработка для самых ответственных деталей и частей тягового подвижного состава, например, колёсно-моторного блока (КМБ). В настоящее время тяговыми электродвигателями (ТЭД) оборудованы все КМБ электропоездов серии «Ермак» 2(3,4) ЭС5К, в том числе и самые современные – с поосным регулированием сил тяги и торможения. При этом КМБ относится к наиболее нагруженному оборудованию электропоезда сточки зрения комплексного воздействия на него тепловых, электрических, механических, климатических и многих других факторов. Поэтому, не смотря на постоянно проводимые мероприятия технологического характера при изготовлении и ремонте

локомотивов, уровень повреждаемости КМБ, и в частности, ТЭД, в эксплуатации остается самым высоким и имеет из года в год постоянно растущую динамику.

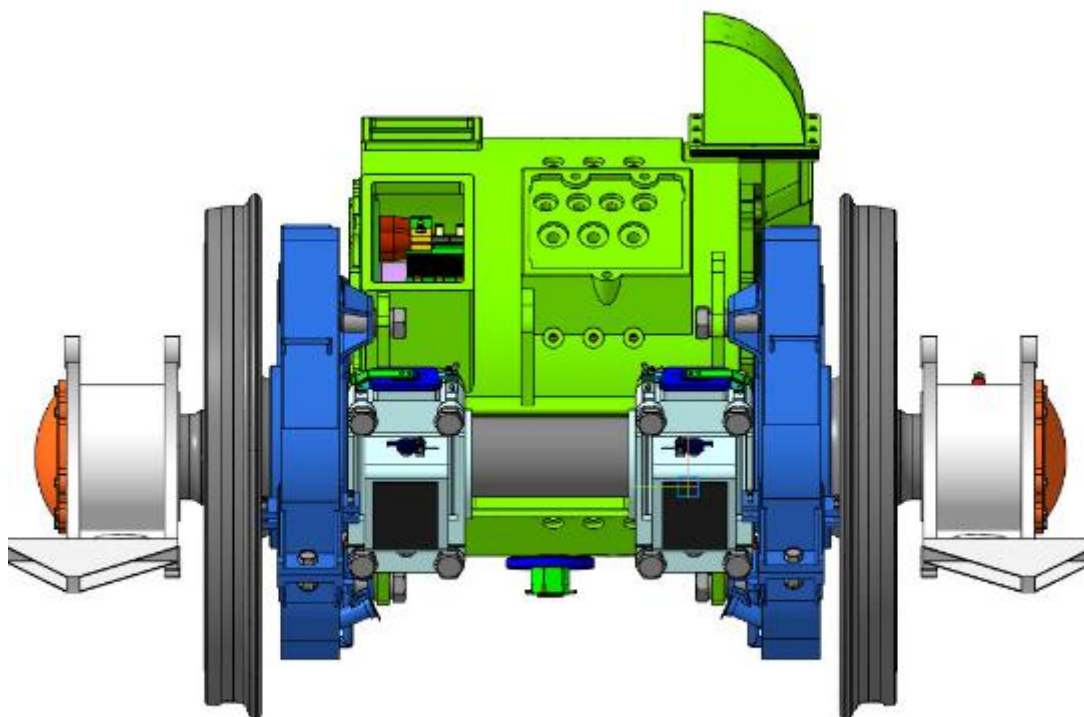


Модель колесной пары с зубчатыми передачами и шестернями и модель кожуха зубчатой передачи

Становится очевидно, что для снижения количества отказов КМБ недостаточно проводимых мероприятий, необходим новый подход, который как раз и предусматривает использование цифровых двойников. Для увеличения пропускной способности Восточного полигона за счёт снижения простоя поездов по причине отказов КМБ предлагается создание его цифрового двойника, который позволит в режиме реального времени мониторить нагрев составных частей КМБ и трещинообразование остова ТЭД.

На данный момент авторами выполнена первая задача – разработаны геометрические модели элементов и узлов КМБ. Создание 3D моделей колесно-моторного блока произведено в программе КОМПАС-3D.

Также разработаны модели остальных частей ТЭД: траверсы, буксы моторно-осевого подшипника, подвески и буксы колёсной пары. Была произведена сборка КМБ.



Общий вид модели КМБ электровоза 3ЭС5К в поперечной плоскости  
пути

Цифровой двойник КМБ представляет собой инновационное решение, основанное на современных технологиях цифровизации и виртуализации. Создание цифрового двойника позволит в реальном времени моделировать работу КМБ, анализировать его состояние, прогнозировать возможные отказы и оптимизировать процессы технического обслуживания.

На данный момент разработаны геометрические модели элементов и узлов КМБ, которые являются основой построения его цифрового двойника, работы над которым продолжают в настоящее время. Работа выполнена в рамках государственного задания по государственной работе «Проведение прикладных научных исследований» на тему «Разработка цифрового двойника колёсно-моторного блока электровоза «Ермак» серии 2(3) ЭС5К».

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80170378\\_89498116.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80170378_89498116.pdf)

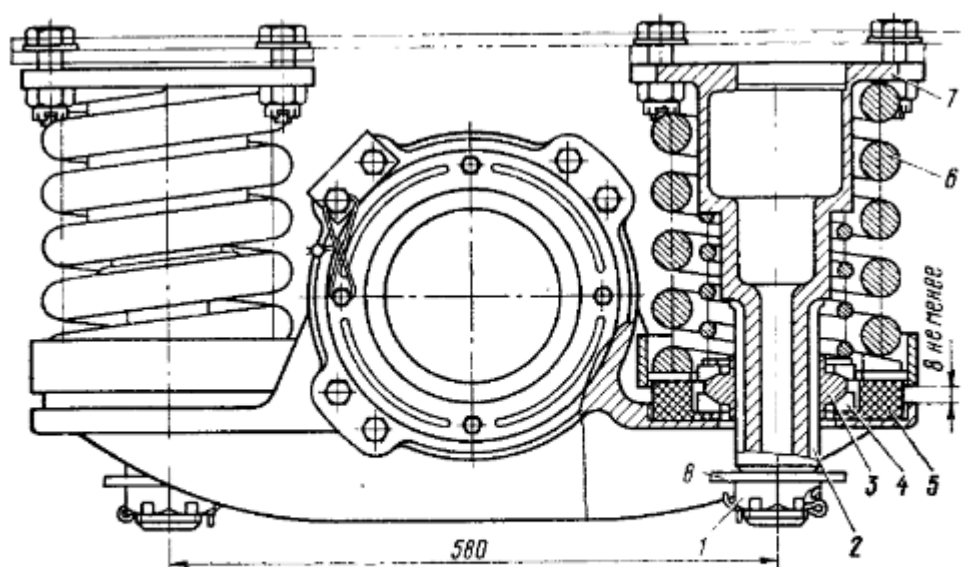
### **Влияние систем подвешивания вагонов на их эксплуатационную надежность**

Авторы Попова Т.А., Федин В.М.

Повышение стабильности и эффективности движения вагонов обеспечивается установкой различного типа подвешивания кузова. Существует несколько конструктивных решений: один из вариантов установка билинейного рессорного подвешивания. Для грузовых вагонов такая конструкция в паре с фрикционными узлами может значительно

улучшить динамические характеристики. При этом необходимо учитывать влияние дополнительных условий, таких как скоростной режим, нагрузка на вагоны, состояние путей и оборудования. Все эти факторы в совокупности могут определять эксплуатационную надежность вагонов и общую безопасность перевозок.

Другой вариант – надбуксовое подвешивание. В частности, применение поводковой системы. На прочность несущих элементов конструкций вагонов и безопасность движения пассажирских поездов особенно влияют характеристики надбуксовой ступени подвешивания. В надбуксовой ступени подвешивания как отечественных, так и зарубежных пассажирских вагонов широко применяются фрикционные гасители колебаний. Эти устройства просты по конструкции, не требуют ухода в эксплуатации и надежны в работе. Для обеспечения плавности движения вагонов также возможно применение гидравлических гасителей колебаний в количестве 8 штук на тележку. Надбуксовое рессорное подвешивание должно амортизировать вертикальные и боковые толчки, гасить возникающие при этом колебания, уменьшать динамическое воздействие вагона на путь.



Общий вид надбуксового рессорного подвешивания тележки пассажирского вагона [6]

Существует также конструктивный вариант, предусматривающий центральное подвешивание без жесткого контакта с тележкой. В пассажирских вагонах метрополитена наиболее перспективный вид подвешивания шпинтонное надбуксовое подвешивание. К таким тележкам можно отнести тележку КВЗИ2 и тележку КВЗЦНИИ.

Шпинтоны предназначены для ограничения продольных и поперечных перемещений, а также для увеличения устойчивости надбуксовых пружин. В буксовом узле тележек пассажирских вагонов шпинтонное подвешивание играет роль фрикционного гасителя колебаний. Принцип действия гасителя



колебаний основан на возникновении сил трения между фрикционными секторами и втулкой шпинтона или телом шпинтона, в зависимости от конструкции, при их взаимных смещениях во время колебаний рамы тележки относительно буксы. В такой конструкции шпинтонного узла большое значение имеет поверхностная твердость металла, которая подвергается значительному износу.

Таким образом, в настоящее время особо актуальным является проведение исследований по выбору материалов для изготовления шпинтонов, а также по разработке технологии их производства. При этом должны учитываться экологические показатели, стоимостные характеристики и долговечность выпускаемой продукции. МИИТ ведёт практическую работу по увеличению статической и усталостной прочности шпинтонов за счёт применения технологии интенсивного закалочного охлаждения БПВ, как из стали 40Х, так и её возможной замены углеродистой стали с содержанием углерода до 0,4процента.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80170378\\_89498116.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80170378_89498116.pdf)

## **Использование аддитивных технологий в локомотивном комплексе**

Авторы Тычков А.С., Строганова А.А.

Использование аддитивных технологий являются перспективным направлением, обеспечивающим эффективное использование симбиоза цифровых инструментов для получения изделий из различных материалов со сложной конфигурацией поверхности и внутренней структурой. Указанная технология реализует совокупность способов и методов производства, основанная на различных физических принципах в зависимости от поставленных целей и задач. Это пост-классический способ обработки материала, который выступает аналогом и позволяет более эффективно реализовывать процессы, в принципе сравнимые с традиционными способами обработки такими как, операции фрезерование, точение, строгание, шлифование.

Но стоит помнить, что аддитивные технологии полностью не исключают последующую обработку получаемого изделия классическими методами с использованием станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и другой оснасткой. Особенно это касается изделий, получаемых при 3D печати металлом на основе алюминия, стали, никеля, кобальта, титана. Это требуется для обеспечения требуемого допуска созданного изделия, экономически не всегда бывает целесообразно выполнять производство классическими методами. Развитие аддитивных технологий за последние несколько лет привело их к значительному распространению в различных отраслях промышленности и железнодорожный транспорт не является исключением.

Благодаря развитию элементной базы, массовому внедрению, а значит и снижению стоимости компонентов появилось значительное количество в том числе и отечественных фирм производителей оборудования для 3D

различными материалами. Причем стоит отметить, что значительная часть комплектующих (включая сервоприводы, системы подачи материала, блоки поддержки микроклимата и обеспечения рабочей среды), программное обеспечение для контроллеров и послойной передачи моделей, а также расходники, особенно для печати металлом, производятся в нашей стране. Относительно небольшая стоимость принтеров позволила наладить выпуск продукции для выполнения печати пластиком, причем эффективность продемонстрирована для различных видов оборудования при восстановлении элементов подвижного состава. В качестве примера можно привести удачный опыт, полученный дирекцией мотор-вагонного подвижного состава (ЦДМВ) РЖД.

Используемые принтеры базируются на FDM технологии печати из пластика. Данный метод послойного наплавления, достаточно широко представлен на рынке различными принтерами и установками, это один из самых простых и масштабно реализуемых способов печати, позволяющий производить элементы с низкими экономическими затратами.



Принтер для 3D печати InssTek MX-Lab

Для локомотивного комплекса направления применения аддитивных технологий должны быть проработаны с позиций экономической эффективности. Приоритетом должна стать разработка перечня элементов для производства 3D печати, базирующихся на различных методах, с целью определения наиболее перспективной технологии для производства конкретного изделия.

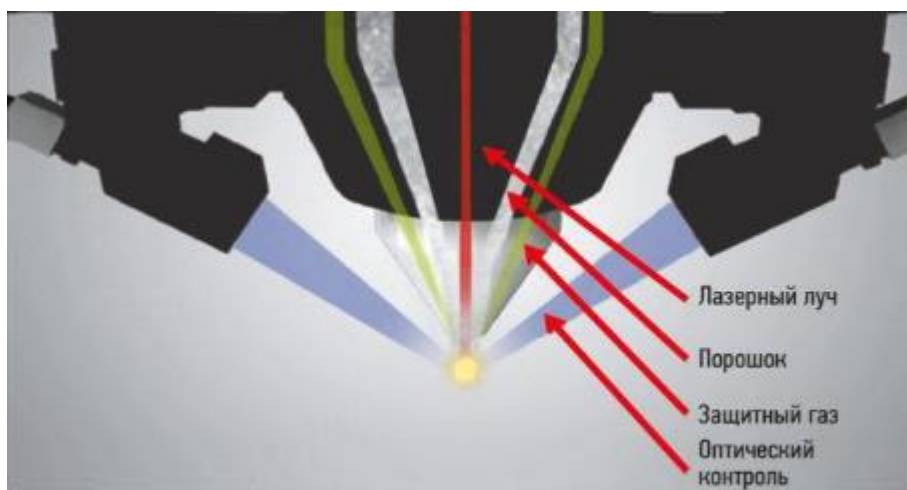
Так как большинство элементов является металлическими, то технология печати пластиком не является приоритетной. Поэтому необходимо исследовать аддитивные технологии, разработанные для печати металлом:

- Selective laser melting (SLM) – селективное лазерное плавление металлического порошка по математическим CAD моделям.

- Direct Metal Laser Sintering (DMLS) – прямое лазерное спекание металла.
- Directed Energy Deposition (DED) – прямая лазерная/электронная наплавка и Direct Metal Tooling (DMT) – наплавка металлического порошка под воздействием лазера, разновидность DED.
- Electron Beam Melting (EBM) – спекание металлических порошков под воздействием электроннолучевой пушки.
- Binder Jetting послойное склеивание частиц металла для последующего обжига в высокотемпературной печи.

Одними из востребованных методов перспективных аддитивных технологий являются DED и DMT принципы построения оборудования, поскольку они имеют более высокие технические характеристики, по сравнению с перечисленными аналогами.

Лазер повышенной мощности металлический порошок на выходе из сопла, после чего происходит наплавление к поверхности. Оптический модуль системы выполняет контроль мощности лазерного излучения с частотой дискретизации несколько десятков герц, обеспечивая тем самым эффективность процесса.



Функциональная схема технологии Direct Metal Tooling

Технологии DED и DMT позволяют выполнять частичное восстановление части конструкции элемента, т.е. выполнять операцию аналогичную наплавке для восстановления различных металлических материалов, причем выполнять в это соответствии с необходимыми термическими режимами, обеспечивая соблюдение необходимых напряжений при эксплуатации восстановленного изделия. Особенная потребность в этом возникает при интенсивной эксплуатации электроподвижного состава при организации пропуска поездов повышенной массы.

Поэтому при составлении перечня элементов для аддитивного производства оборудования тягового подвижного состава необходимо учесть и подобрать материал, выполнить оптимизацию топологии изделия, посредством использования инженерных систем анализа на базе

искусственного интеллекта, что позволит создать более совершенную конструкцию, повысив механические, тепловые, массово габаритные характеристики.

Только после этого проводится выбор технологии печати, затем выполняется моделирование самого процесса создания изделия, с целью минимизации возможных затрат на материал и энергоресурсы. Причем, обязателен этап экономического обоснования и сравнения стоимости выполнения изделия с учетом выбранного метода и объема производимой продукции, только тогда применение аддитивной технологии будет эффективно.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80170378\\_89498116.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80170378_89498116.pdf)

## **Перспективы развития волоконнооптических систем измерений**

Авторы Кукушкин С.С., Белов А.Н.

Волоконнооптический кабель (ВОК), проложенный вдоль железнодорожного пути и используемый в качестве основы построения распределенных волоконнооптических датчиков (РВОД), обладает высокой чувствительностью к виброакустическим воздействиям, возникающим в процессе взаимодействия колесных пар и рельсов при прохождении поезда. Однако наряду с высокой точностью измерений имеются и недостатки. Чувствительность ВОК становится помехой при совмещенной передаче информации в режиме ВОЛС и системы волоконнооптических измерений (ВОИ).

Современные технологии предполагают прокладку ВОК в трубах, которые вставляют в технологические отверстия рельсошпальной решетки (РШР) или приклеивают к подошве рельсов. Такие технологии обеспечивают минимум затрат на прокладку ВОК. При этом значительно увеличивается уровень виброакустических помех, оказывающих негативное влияние на показатели эффективности функционирования ВОЛС, и, как результат, на качество получаемой информации. Кроме этого, не представляется возможным повышение точности ВОИ на основе инновационной технологии «механических» маркеров.

В случае прокладки волоконнооптического кабеля в трубах РШР или при приклеивании его к подошве рельсов повысить точность распределенных ВОИ можно за счет учета при рефлектометрии волновой теории акустических воздействий проходящего поезда на распределенный чувствительный элемент (ЧЭ). Техническое решение состоит в подключении в установленных местах к определенным оптическим волокнам (ОВ) магистрального ВОК катушек, собранных из петель. При этом для обеспечения привязки результатов, распределенных ВОИ к цифровой карте движения поездов места размещения катушек из ВОК совмещают с элементами инфраструктуры железной дороги, которые имеют точную геодезическую привязку.

Отличительная особенность предлагаемых в статье инноваций заключается в возможности их совместного использования, благодаря чему обеспечивается существенное увеличение показателей эффективности ВОИ. Интерес к применению волоконнооптических технологий год от года повышается. Так, в АО «НИИАС» для решения актуальных проблем обеспечения безопасности движения активно развивается перспективная система «АНАКОНДА». Рассматриваются предложения, использование которых в ОАО «РЖД» способствует совершенствованию существующих технологий определения местоположения подвижных составов (ПС), их целостности, скорости и направления движения, на основе распределенных волоконнооптических измерений(РВОИ).

Их отличительная особенность заключается в возможности значительного повышения показателей точности и достоверности получаемых результатов РВОИ, а также в предложениях по обеспечению комплексирования этих результатов с данными позиционирования ПС, которые получают на основе сигналов спутниковой радионавигационной системы(СРНС) ГЛОНАСС.

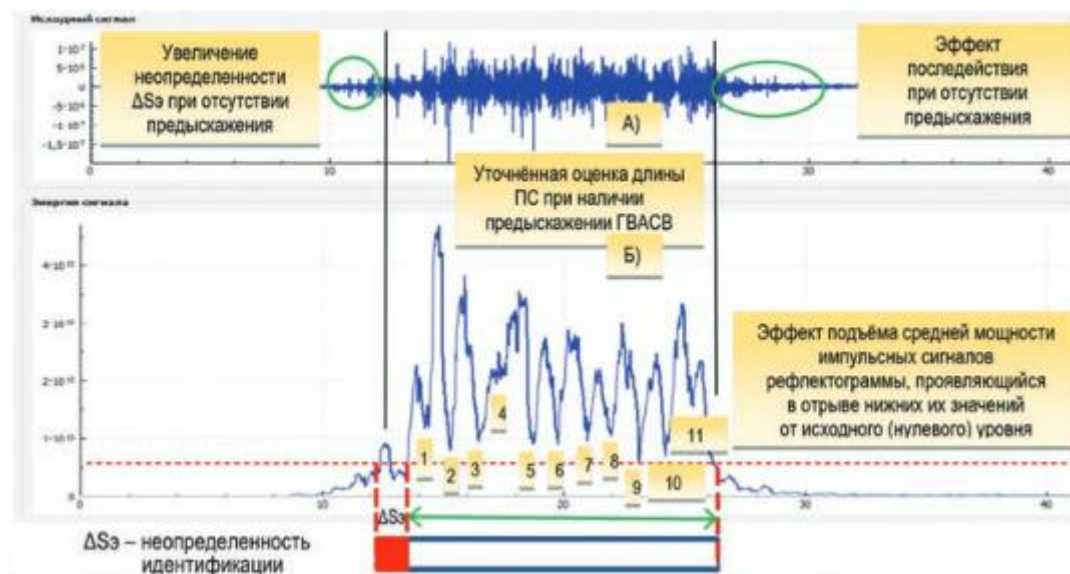
Одно из инновационных решений проблемы повышения точности ВОИ основано на предлагаемом дополнении к существующей метрологии. Оно связано с такими негативными эффектами, проявляющимися при использовании РВОИ, как волновое виброакустическое и сейсмическое воздействия на измеритель, оказываемые движущимся ПС. Универсальная модель измерений в метрологии ассоциируется с весами. В разработанной прикладной теории появилась возможность более продуктивного использования принципов формирования «водопада» для построения систем ВОИ с элементами адаптации и искусственного интеллекта. В этом заключается научное и прикладное значение КЗПГ, существенно изменившее прежнюю технологию анализа результатов ВОИ.

Применение предлагаемых инновационных технологий значительно отличает графики от того, что дает рефлектометр в виде «водопада». При равномерном движении ПС линии, характеризующие движение его головы и хвоста, аппроксимируются прямыми линиями. При этом точность такого представления стала настолько высокой, что можно заметить некоторые закономерности, связанные с незначительными отличиями углов наклона прямых. При приближении к рефлектометру они едва заметно сходятся, а при удалении от него, наоборот, расходятся. Кроме того, результаты исследований выявили значительное повышение показателей помехозащищенности РВОИ.

Таким образом, включение в существующую систему ВОИ петлевых ВОД сопровождается не только усилением одной из составляющих ГВАСВ, благодаря чему повышаются показатели точности и достоверности распределенных измерений. Появляется возможность построения системы диагностирования и выявления дефектов за счет энергии воздействий проходящего поезда на рельсы. Также при предлагаемом техническом



решении обеспечивается возможность расширения изменения пространственного разрешения наблюдаемого события в петлевом датчике.



В заключение отметим, что многие явления, связанные с обеспечением ВОИ и ранее не наблюдаемые, стали таковыми благодаря разработанной технологии построения когнитивных знание порождающих графиков. То, что происходит в магистральной линии распределенного ВОИ и в точечном петлевом ВОС, стало очевидным.

Благодаря этому информационно-аналитическое обеспечение ВОИ было существенно обогащено и расширено. Решению проблем передачи информации по выделенным ОВ в магистральной линии ВОК должно способствовать применение разработанных инновационных технологий передачи информации. В целом это способствует развитию технологий искусственного интеллекта в таком сложном прикладном его применении, как обеспечение безопасности железнодорожного движения.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80349467\\_36891457.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80349467_36891457.pdf)

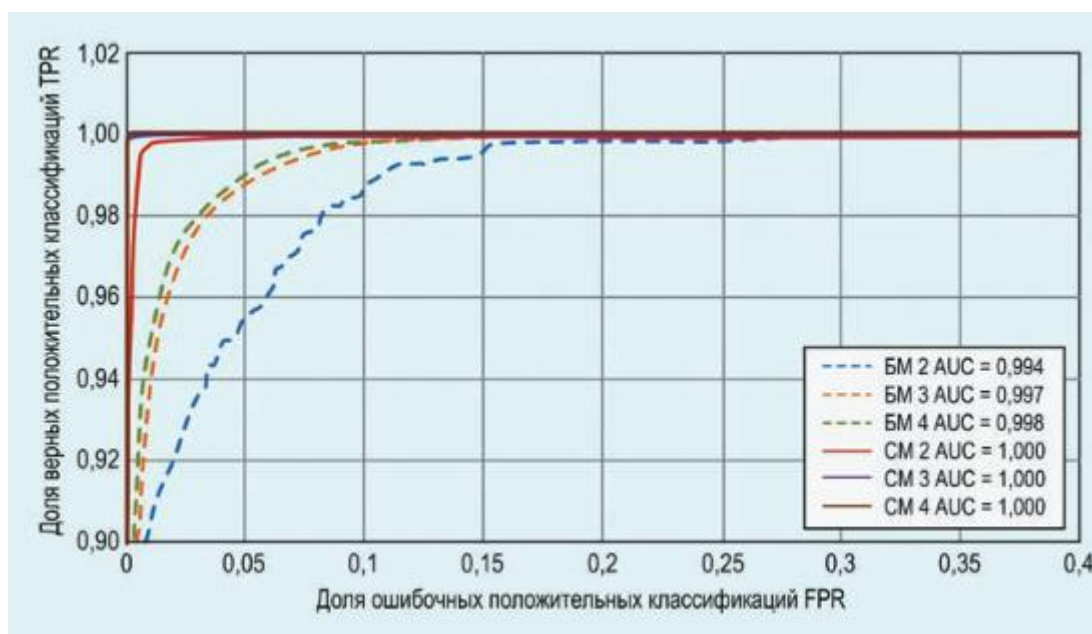
## Модели нейронных сетей для управления пропуском поездов

Авторы Булавин Ю.П., Игнатьева О.В.

Цифровые технологии, такие как большие данные, искусственный интеллект, машинное обучение, предиктивная аналитика и др., позволяют оптимизировать транспортные ресурсы, повысив тем самым эффективность перевозок. Во многих развитых странах в настоящее время развитие транспорта базируется на проектировании подвижного состава нового поколения и внедрении транспортным комплексом интеллектуальных управляющих систем. Статья является продолжением научных исследований, связанных с разработкой модели искусственной нейронной сети (ИНС) для управления пропуском поездов по участку дороги с последующим внедрением

в инфраструктуру учебно-лабораторного комплекса «Виртуальная железная дорога» (УЛК ВЖД).

Применение искусственного интеллекта в задачах управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте может изменить процессы принятия решений с учетом переноса управленческих функций, традиционно выполняемых только диспетчерским аппаратом. Как следует из полученных результатов, достаточно высокая точность достигается при использовании в модели всего трех признаков, а именно, имя занимаемого/освобождаемого пути, занятость блок-участка, номер поезда. Дальнейшее увеличение количества признаков слабо влияет на результат. Метрики качества ROC кривая и площадь под ROC кривой AUC работы моделей в задаче много-классовой классификации (Microaveraged Onevs Rest Receiver Operating Characteristic of multiclass classification) показаны на рисунке.



Числа после имени модели указывают на количество использованных признаков. Метрики качества в этом случае получены с помощью процедуры микро-усреднения. Представленные в работе подходы позволяют с высокой точностью решить задачу по выводу команды диспетчера. При этом лучшие результаты достигаются моделью ИНС со сверточным слоем, которая имеет следующие параметры: количество фильтров в сверточном слое – 128, размер ядра – 5, количество нейронов в скрытом слое – 128.

Вычислительные эксперименты показали, что для получения приведенных результатов достаточно знать состояние, непосредственно предшествующее команде, т.е. длину истории временного ряда  $p = 1$ .

Проведенный отбор признаков указывает, что с практической точки зрения в моделях достаточно использовать имя занимаемого/освобождаемого пути, состояние блок-участка, номер поезда. Показано, что балансировка обучающей выборки в данном случае позволяет получить более стабильные и

качественные результаты. Предложенный в работе вариант преобразования признаков в текстовый формат позволяет упростить внедрение моделей, а также применять другие более сложные архитектуры при увеличении объема и сложности данных, в частности, трансформеры.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80349468\\_78184945.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80349468_78184945.pdf)

### **Умный узел связи**

Авторы Медведев С.Г., Ткачев И.В.

Инновационные технологии позволяют снизить трудозатраты обслуживающего персонала. Мониторинг и удаленное управление устройствами связи особо эффективны при отсутствии круглосуточного дежурства сменного персонала, удаленности отдельных пунктов от мест постоянного проживания работников, невозможности быстро добраться до места для определения причины неисправности и ее устранения.

С помощью дистанционного контроля и управления возникшие проблемы зачастую разрешаются без выезда на место и личного участия работников РВБ регионального центра связи в устранении повреждений. В Тындинском РЦС Хабаровской дирекции связи с 2021 г. внедряется система «Умный узел связи». В нее входят системы видеонаблюдения; управления контролем доступа в дом связи; мониторинга и управления обогревом связевой комнаты поста ЭЦ и электропитанием устройств связи поста ЭЦ. Контрольные и управляющие элементы системы мониторинга и удаленного управления располагаются в щитах электропитания (типа ШАВР) в связевых помещениях поста ЭЦ на путевых постах, разъездах и станциях. Они позволяют управлять включением и отключением питающих фидеров в связевой комнате, электрическим обогревом помещения, освещением, а также передавать всю необходимую информацию по каналам связи на АРМ управления и информационную панель, расположенные в помещении Центра технического обслуживания (ЦТО)Тындинского РЦС.

Одним из важных условий бесперебойной работы оборудования связи является эксплуатация аккумуляторных батарей, расположенных в телекоммуникационных шкафах и предназначенных для резервного электропитания устройств связи в случае отключения внешних фидеров электроснабжения автоблокировки и продольного энергоснабжения. От состояния источника резервного электропитания зависит продолжительность работы систем связи в аварийном режиме. Поэтому большое внимание уделяется температуре, при которой работают аккумуляторные батареи. Сильное охлаждение и сверхнормативный нагрев банок АКБ оказывают негативное воздействие на емкость батареи и, как следствие, на продолжительность ее использования как резервного источника питания. Для контроля температурного режима АКБ на них устанавливаются температурные датчики, которые подключаются к модулю МДКМ5Т для передачи информации о состоянии АКБ дежурному персоналу.



Рабочее место старшего смены ЦТО

В рамках программ развития Восточного полигона ОАО «РЖД» и БАМ2 на Дальневосточной дороге осуществляется модернизация существующих постов ЭЦ с заменой систем СЦБ. Параллельно происходит замена оборудования и устройств связи. В новых современных постах ЭЦ оборудование размещается в модульных сооружениях, оснащенных системами жизнеобеспечения помещений. Однако все они имеют локальное предназначение. Здесь отсутствует техническая возможность контроля и управления удаленно из ЦТО. В связи с этим возникла идея технической доработки проектных решений в части расширения их возможностей, а также сокращения производственных потерь вне рабочее время для обслуживающего персонала.

Специалисты Тындинского РЦС разработали систему жизнеобеспечения узла связи на путевых постах, разъездах и станциях, где установлены новые модульные контейнеры. Она монтируется в запроектированных щитах энергоснабжения типа ШАВР, а в существующих связевых помещениях – во вновь установленных щитах электропитания.

В состав разработанной схемы диагностики и управления вошли: локальная панель управления Kinco GL070; управляемые автоматы Modbus16A для защитного отключения панелей обогрева; источник постоянного тока 48/24 В; термоконтроллер для работы с цифровыми датчиками DS18B20; твердотельные реле, с помощью которых осуществляется управление панелями обогрева связевой, а также управление другими силовыми системами (кондиционирование и др.); программируемое реле ПР200, которое служит для мониторинга и управления системами жизнеобеспечения; реле управления освещением.





Запроектированные щиты энергоснабжения ЩАП до и после модернизации

Внедряемые инновационные решения видеонаблюдения в связевой позволяют проводить предварительную диагностику состояния оборудования по световой индикации и анализировать «симптомы» неисправности для принятия решения по способу «лечения» неработоспособности оборудования; осуществлять возможность удаленной консультации электромехаников в ходе устранения неисправности в режиме онлайн, а также круглосуточный мониторинг за доступом в помещение и состоянием оборудования. При этом все данные сохраняются в архиве записей видеонаблюдения. Мониторинг состояния оборудования и узлов связи на постах ЭЦ и в домах связи с использованием инновационной системы управления «Умный узел связи» способствует бесперебойному обеспечению услугами связи внутренних и внешних абонентов ОАО «РЖД». Внедрение удаленного контроля повысило эффективность обслуживания устройств, сократив при этом количество выездов РВБ при возникновении нештатных ситуаций.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80349469\\_69277779.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80349469_69277779.pdf)

### **Новые возможности реконфигурации зон управления объектами в системах ЭЦ МПК**

Авторы Гундырев К.В., Копытов Д.В., Никитин А.Б., Блюдов А.А., Егорова Е.Г.

Рост потребности в перевозках, увеличении размеров движения, повышении функциональных возможностей систем управления движением поездов требует новых технических решений и в системах ЭЦ. Нецелесообразно менять релейные системы на такие же нового поколения. В релейных ЭЦ это связано с увеличением удельного показателя количества реле, приходящихся на одну централизованную стрелку, вследствие усложнения схмотехники при попытках реализации современных требований на релейной элементной базе. При этом возрастает материалоемкость и энергопотребление систем. Как следствие, из-за увеличения массогабаритных показателей возникает необходимость строительства новых постов ЭЦ, что

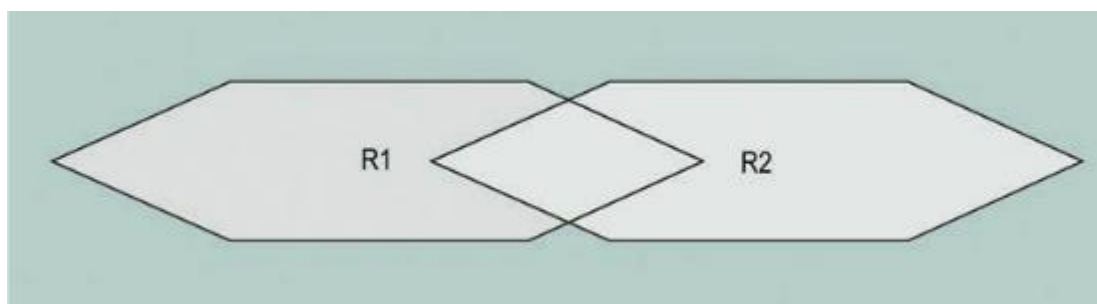


ведет к удорожанию. В таких системах по-прежнему сохраняется ряд недостатков, среди которых: ограниченная функциональность, отсутствие гибкости для реконфигурации, высокие эксплуатационные расходы и др.

Эксплуатационные ограничения вследствие «жесткой» аппаратной логики релейных систем ЭЦ часто возникают при необходимости реконфигурации зон управления на крупных станциях или привлечения дополнительного персонала в случаях увеличения объемов работы. Так, маршрутный набор маршрутно-релейных ЭЦ предполагает возможность задания маршрутов только одним пользователем, исключая одновременную работу помощника и организацию второго рабочего места. На крупных станциях такие проектные ошибки не позволяли в последующем внести изменения и требовали полной замены на две или более систем.

Вариантом модернизации или замены систем ЭЦ на новые, по стоимости сопоставимые с релейными, являются системы релейно-процессорной централизации. Они обладают существенно большими функциональными возможностями, начиная от удобства пользования и реализации различных режимов управления и заканчивая возможностью быстрого масштабирования системы без больших капитальных вложений и трудозатрат в случаях изменения путевого развития.

Одним из уникальных примеров такой модернизации является введенная в эксплуатацию в прошлом году система релейно-процессорной централизации ЭЦ МПК на станции N Свердловской дороги. Техническое задание и проект реконструкции систем ЭЦ станций включал в себя ряд особенностей. Они были связаны с наличием «плотного» примыкания к станции путей необщего пользования промышленного предприятия. По сути это одна станция, но с двумя ДСП, с разными функциональными задачами районов и тесным взаимодействием, где R1 и R2 – зоны управления ДСП, а общая зона – реконфигурируемая часть.

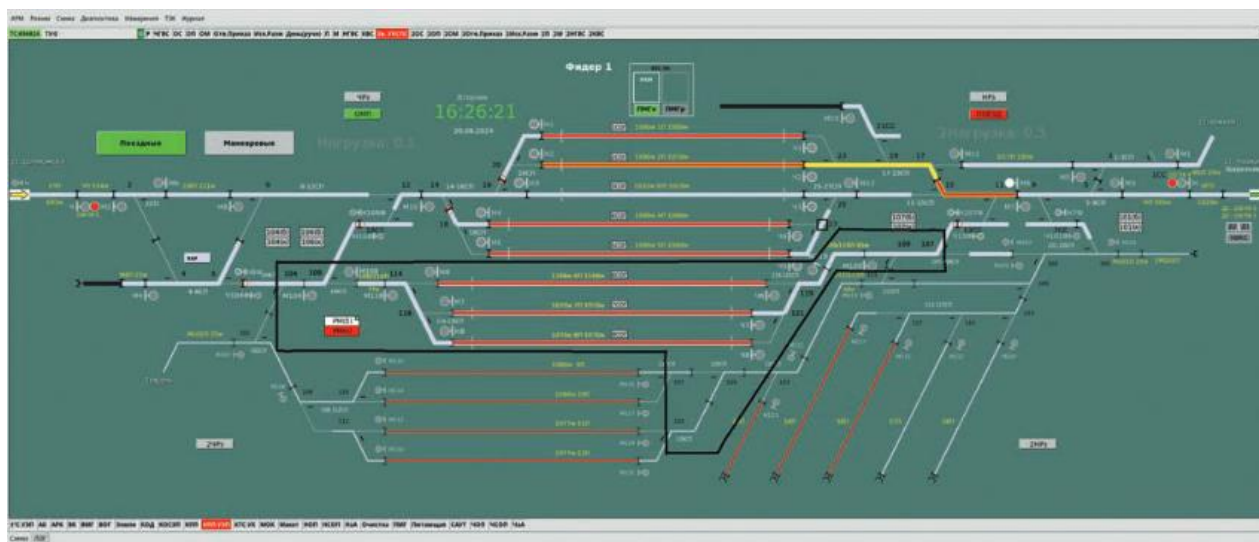


Таким образом, целью при проектировании программного обеспечения пользовательского интерфейса стала разработка принципов, условий и алгоритмов реконфигурации зон управления ДСП применительно к топологии рассматриваемых станций, когда часть  $R1 \cap R2$  передается для управления одному из ДСП с исключением возможности управления вторым ДСП. Для оптимизации производственных процессов предприятия и эффективной организации эксплуатационной работы станции была поставлена задача не только модернизировать и построить новые системы управления движением

на станциях, но и реализовать возможность управления частью путевого развития как с рабочего места ДСП 1(зона R1), так и с рабочего места ДСП 2 (зона R2). При этом должны обеспечиваться все необходимые условия по безопасности движения в случае передачи управления и исключения одновременного управления объектами.

Требовалась реконфигурация зон управления между ДСП смежных станций для реализации возможности безопасного двойного управления объектами СЦБ при осуществлении приема и отправления поездов с/на общие приемоотправочные пути, фактически относящиеся к промышленной станции. Технология работы на стыке путей общего и необщего пользования подразумевает работу ДСП станции поездным порядком, а формирование/расформирование поездов маневровым порядком – это уже задачи ДСП железнодорожной инфраструктуры промышленного предприятия.

Применение программно-аппаратных средств систем ЭЦМПК и, как следствие, упрощенных релейных схем существенно облегчило эту задачу. На программном уровне осуществляется выбор режима управления, предоставляющего одному из ДСП управление общими объектами в данный момент времени с соответствующей индикацией и возможностью отправки команд. Релейные схемы осуществляют финальную проверку требуемых условий безопасности перед разрешением передачи прав управления объектами. Данный функционал двойного управления получил название «Режим реконфигурации управления»



Реконструкция ЭЦ станций с возможностью двойного управления объектами СЦБ и режимом реконфигурации управления стала первым опытом такого рода модернизации, обновления и частичного объединения инфраструктуры хозяйств автоматики и телемеханики ОАО «РЖД» и промышленного предприятия на Свердловской дороге, а также примером взаимодействия различных служб обоих предприятий для организации эффективной эксплуатационной работы в целом. Реализация подобных

технических решений стала возможна благодаря гибкости современных релейно-процессорных систем и, конечно же, благодаря слаженной, совместной работе специалистов, принимавших участие в этом процессе как со стороны разработчика системы, так и со стороны службы автоматики и телемеханики и эксплуатационного штата.

В перспективе единая технология предоставляет новые возможности для управления как отдельными станциями, так и всем участком с учетом потребностей ОАО «РЖД» и промышленных предприятий.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80349463\\_31494424.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80349463_31494424.pdf)

## **Предиктивная диагностика тепловоза с использованием искусственного интеллекта**

Авторы Свечников А.А., Абуняев Д.С.

Система предиктивной диагностики оборудования представляет собой комплекс программно-аппаратных средств, предназначенных для постоянного контроля технического состояния оборудования и прогнозирования неисправностей на основе данных, получаемых в реальном времени. В условиях цифровой трансформации железнодорожной отрасли депо должны максимально использовать возможности искусственного интеллекта, включая внедрение умных систем для диагностики дизелей локомотивов.

Основная задача предиктивной диагностики дизеля заключается в непрерывном контроле состояния агрегатов. Данная система включает в себя несколько ключевых компонентов:

- бортовая система диагностики: основной источник данных, собирающий информацию о работе различных систем и узлов тепловоза. Включает в себя датчики, сенсоры и другие устройства, предназначенные для мониторинга параметров работы.

- система сбора и передачи данных: отвечает за сбор данных от бортовой системы диагностики и их передачу на центральный узел анализа.

- центральный узел анализа данных: обрабатывает поступающую информацию, используя алгоритмы машинного обучения и нейронные сети для анализа и предсказания состояния тепловоза.

- пользовательский интерфейс: предоставляет операторам и техническому персоналу информацию о состоянии тепловозов, а также предупреждения о возможных проблемах.

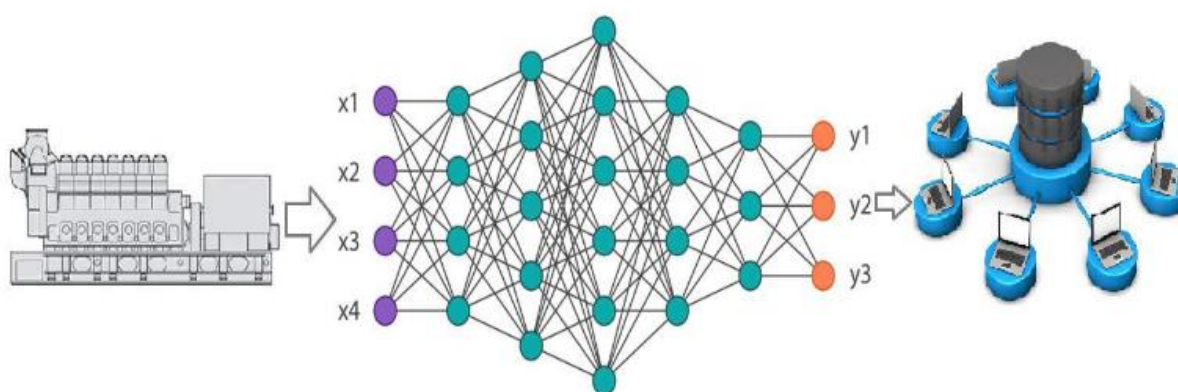
- решение персонала: персонал сможет сам принимать решение о дальнейшем пути локомотива, в дальнейшем данный компонент можно исключить из-за необходимости.

Эти компоненты интегрированы для обеспечения эффективной работы предиктивной системы диагностики, что позволяет значительно повысить надёжность и безопасность эксплуатации дизеля, минимизируя время простоя и затраты на ремонт. Предлагаемое изобретение предназначено для создания

автоматической системы, использующей нейронечеткую сеть для комплексной технической диагностики и управления.

Цель этой системы – обеспечить высокую достоверность в определении текущего технического состояния оборудования и предоставить реалистичные прогнозы его изменения.

Главная задача системы заключается в оценке ресурса локомотивных технических средств, что позволяет более эффективно планировать техническое обслуживание и ремонт. Система также предоставляет возможность корректировать режим работы оборудования на основе полученных данных. В итоге автоматическая система на основе нейронечеткой сети обеспечивает комплексный подход к диагностике и управлению, удовлетворяя строгим требованиям по точности и надежности.



Система предиктивной диагностики тепловоза на основе нейросети

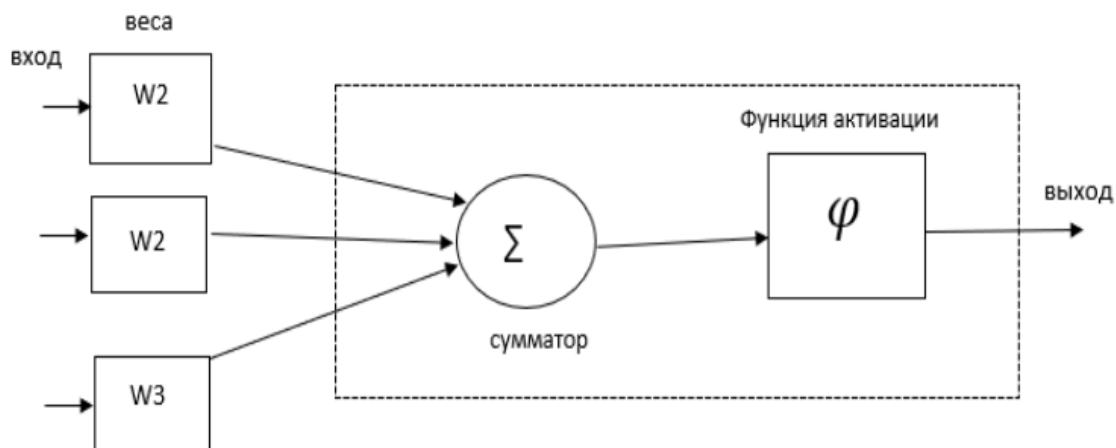
Принцип действия нейронной сети основан на математической модели, которая имитирует работу человеческого мозга. Нейронные сети состоят из множества соединенных узлов (нейронов), которые работают параллельно и обрабатывают входные данные для выполнения определенной задачи, такой как классификация, прогнозирование или распознавание образов. В общем виде принцип работы нейронной сети включает следующие этапы:

1. Входные данные: на вход нейронной сети поступают данные, которые представляются в виде вектора чисел или изображений.

2. Преобразование данных: каждый нейрон получает входной сигнал, каждый следующий нейрон будет получать сигнал предыдущего, умноженного на вес между ними. Если сигналов больше, чем один, то они суммируются на выходе, и мы получаем комбинированный ввод сети.

3. Проход через слои: помимо основных слоёв, существуют скрытые слои: это связи от выходов нейронов некоторого слоя  $x$  к выходу нейронов следующего слоя ( $x+1$ ) извлекают новый признак

4. Выходные данные: все нейроны подчиняются правилу математической функции (она может быть пороговой, логической).



Принцип построения нейронной системы

Наряду с основными достоинствами искусственного интеллекта, существуют недостатки, которые важно учитывать при их применении:

- высокая чувствительность к начальным данным: искусственный интеллект требует аккуратной настройки гиперпараметров, таких как количество скрытых слоев, количество нейронов в каждом слое, скорость обучения. Неправильная настройка этих параметров может привести к низкой производительности сети или даже к проблемам с обучением.

- сложность в переобучении: ИИ может иметь тенденцию к переобучению, особенно при работе с большим количеством параметров и сложными моделями. Это означает, что работа с нейросетью требует постоянного контроля со стороны человека.

- ограничение в возможности: в некоторых задачах, особенно в области обработки изображений или анализа естественного языка MLP могут оказаться недостаточно эффективными для извлечения сложных иерархических признаков из данных.

В целом, искусственный интеллект открывает новые возможности в сфере обработки данных благодаря накоплению информации и получению из этого опыта, не теряя скорости обработки информации. Это позволяет находить скрытые взаимосвязи в параметрах работы локомотива и принимать точные решение в сфере его обслуживания. Для создания нейросети для предиктивной диагностики наиболее предпочтительными являются многослойные, которые работают на основе множества входных параметров и учитывают сложные нелинейные взаимосвязи между данными.

Используя платформу «Google Colaboratory», нами была смоделирована как образец следующая нейросеть. За основу были взяты числовые значения неисправности локомотива, где 0 – это норма, 1 – неисправность. Входные данные: 100 – значения временных рядов, 10 временных шагов и 1 признак. Состоит из 32 нейронов с одной связью между ними. Результаты обучения модели на данных по диагностике тепловоза за 10 эпох указывают на снижение функции потерь и увеличение точности, что подтверждает



правильность выбранного подхода. Однако необходимо учитывать и существующие ограничения, такие как чувствительность к начальным данным и склонность к переобучению.

Вывод: следует отметить, что одним из главных эффектов использования искусственного интеллекта на тепловозе является снижение количества неплановых ремонтов и переход на смешанную систему ремонта с дальнейшей перспективой использования системы ремонта по состоянию.

В целом применение систем интеллектуального анализа данных позволит снизить количество неплановых ремонтов тепловозов на 60-70 %.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_75103834\\_25627725.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_75103834_25627725.pdf)

### **Использование электрических накопителей для повышения тяговых свойств автономных локомотивов**

Авторы Кузнецов Г., Логинова Е., Куделин К.

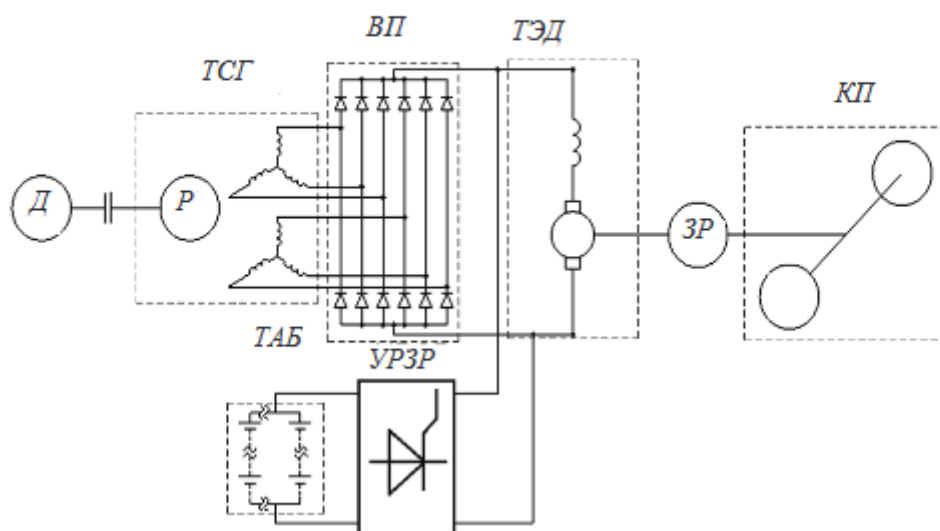
В рамках технического развития конструкторскими отделами и инженерными центрами постоянно поднимаются вопросы по изготовлению современных, более мощных локомотивов, которые реализуют более высокие тяговые усилия и способны перевозить большее количество грузов. Одним из способов повышения тяговой эффективности локомотивов является улучшение их конструкции посредством модернизации, которая заключается в применении более современных технических устройств.

В настоящее время получает распространение тяговый подвижной состав с гибридными источниками энергии. В Германии эксплуатируются гибридный маневровый локомотив Prima H3 производства компании Alstom с литиевыми тяговыми аккумуляторами, массой 67 тонн, силой тяги при трогании 225 кН, мощностью 700 кВт. В России машиностроительным холдингом АО «Трансмашхолдинг» был спроектирован и представлен на Международном железнодорожном салоне пространства 1520 «PRO//Движение.

Экспо» гибридный автономный маневровый локомотив с мощностью тяговых накопителей энергии в 240 кВт. В Швейцарии в настоящее время ведутся работы по производству двухрежимного локомотива новой серии 93 с использованием литий-титана-оксидных аккумуляторов, с питанием от контактной сети переменного тока 25 кВт частотой 50 Гц, с мощностью самого локомотива 1300 кВт.

Целью исследования является применение накопителей энергии на автономном подвижном составе путем внесения изменений в штатную конструкцию классического тепловоза 2ТЭ116с передачей переменного тока. Исследуемый тепловоз 2ТЭ116 представляет собой локомотив, который в качестве первичного источника энергии использует дизельный двигатель внутреннего сгорания (Д). Его функциональная электромеханическая схема представлена на рисунке. Дизельный двигатель применяется на локомотивах по причине высокой надежности и более

высокой развиваемой мощности. Двигатель преобразует химическую энергию топлива в механическую энергию вращения коленчатого вала. Механическая энергия преобразуется в электрическую посредством вращения ротора (Р) синхронного генератора (ТСГ), который преобразует механическую энергию вращения в электрическую энергию переменного тока. Посредством использования выпрямительной установки (ВП) переменный ток преобразуется в постоянный и подается на тяговые электродвигатели локомотива (ТЭД). Тяговые электродвигатели локомотива представляют собой электрическую машину, которая преобразует электрическую энергию в механическую энергию вращения. В целях реализации большой величины вращающего момента для трогания с места локомотива применяется тяговый зубчатый редуктор (ЗР), который увеличивает момент, но уменьшает частоту вращения. В дальнейшем вращение с большой величиной момента передается на колесную пару локомотива и приводят ее в движение.



Функциональная электромеханическая схема гибридного тепловоза 2ТЭ116 представлена на рисунке. Изменение конструкции локомотива для превращения его в гибридный заключается в установке дополнительного накопителя энергии, частным случаем которого является тяговая аккумуляторная батарея (ТАБ). В конструкции локомотива ТАБ служит для реализации электродинамического рекуперативного торможения, а также для придания дополнительной мощности локомотиву на тяжелых участках пути для прохождения расчетных подъемов. Также тяговая аккумуляторная батарея может заменить собой штатную тяговую аккумуляторную батарею и обеспечивать запуск дизельного двигателя внутреннего сгорания, питание бортовой сети и питание вспомогательных нужд локомотива.

Для регулирования зарядно-разрядных токов тяговой аккумуляторной батареи необходима установка устройства регулирования заряда-разряда (УРЗР), которое представляет собой двухсторонний импульсный прерыватель

постоянного напряжения. Таким образом, данное устройство будет контролировать максимально допустимые для тяговой аккумуляторной батареи зарядно-разрядные токи. Функциональное применение тяговой электрической батареи заключается в реализации ее на тяжелых участках пути посредством параллельного ее подключения с тяговым синхронным генератором к тяговым электродвигателям. Сила тяги локомотива с электрической передачей зависит от механического момента на тяговом электродвигателе, радиуса колес колесной пары локомотива и передаточного отношения тягового зубчатого редуктора.

Одним из преимуществ применения тяговой аккумуляторной батареи является возможность рекуперации электрической энергии в накопитель энергии. В настоящее время на тепловозах реализована возможность электродинамического, реостатного торможения, которое подразумевает преобразование полученной электрической энергии при торможении в тепло.

Анализ возможности применения тяговой аккумуляторной батареи на магистральных локомотивах показал, что применение тяговой аккумуляторной батареи позволит:

- 1) увеличить касательную силу тяги на локомотиве за счет увеличения момента на тяговых электродвигателях, что позволит увеличить возможный перевозимый вес состава поезда примерно на 15 %;

- 2) реализовать рекуперацию электрической энергии на автономном подвижном составе, что повысит энергетическую эффективность и в конечном счете увеличит объем перевозимых грузов.

Предложена принципиальная схема и математическая модель электропривода тепловоза с гибридной энергетической установкой, состоящей из дизеля и тяговых аккумуляторов. Таким образом, численные исследования тепловоза с гибридной энергетической установкой показали, что его эффективность как тяговой единицы возрастает на 15 %.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_75188219\\_99226510.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_75188219_99226510.pdf)

## **Hyperloop жив: скоро ли ждать пассажирских перелетов под землей**

Автор Глянцев А.

Несмотря на крах компании Hyperloop One, инженеры разных стран разрабатывают транспортные капсулы, летающие по вакуумным трубам со скоростью самолета.

Капсула, летящая по вакуумному туннелю, недавно преодолела рекордное расстояние в 12 км. Правда, речь об уменьшенной экспериментальной модели. Полноразмерный вариант транспортного средства испытывается в Китае и в этом году достиг скорости более 600 км/ч. Но как скоро и в каком масштабе удастся внедрить новую технологию, очень непростой вопрос.

Идея транспортного средства, летящего в вакууме со скоростью самолета, выглядит очень привлекательно. Капсула приводится в движение с помощью электромагнитов. Магнитное поле поддерживает вагон на весу. Он не испытывает ни трения о рельсы, ни сопротивления воздуха. В итоге капсула может разогнаться до скорости около 1000 км/ч и выключить двигатель, большую часть пути двигаясь по инерции.

В общественном сознании эта концепция прочно связана с именем Илона Маска и его идеей «гиперпетли» (hyperloop). Однако все совсем не так просто. Во-первых, все совсем не просто, и во-вторых, все совсем не так.

Идея поездов на магнитной подушке не нова и успешно реализована. Сегодня в мире действуют шесть коммерческих линий маглевов (сокращение от «магнитная левитация»). Три находятся в Китае, две в Южной Корее и одна – в Японии. Самая протяженная линия – шанхайская – насчитывает около 30 км. Маглевы парят не в вакууме, а в воздухе при обычном давлении, однако экспериментальные модели развивают громадную скорость. Еще в 2015 году японские инженеры преодолели отметку в 600 км/ч.



Мысль пустить маглев по вакуумной трубе, убрав сопротивление воздуха, обсуждается давно. Тем более что у человечества с XIX века есть опыт эксплуатации пневматических поездов. Они приводятся в движение перепадом атмосферного давления в туннеле.

Маск представил свое видение нового вида транспорта под названием Hyperloop в 2013 году. Он критиковал идею поддержания вакуума в длинном туннеле, отмечая, что даже одна протечка выведет из строя всю систему. Миллиардер полагал, что туннель должен быть заполнен воздухом, хотя и с давлением ниже атмосферного. На носу вагона Маск предлагал разместить винт, закачивающий воздух под днище вагона. Этим бизнесмен намеревался



убить двух зайцев: снизить сопротивление воздуха перед вагоном и обеспечить ему воздушную подушку вместо магнитной левитации.

За реализацию проекта взялось несколько компаний. Самой известной из них стала Hyperloop One, основанная в 2014-м без участия Маска. Разработчики отказались от идеи воздушного винта и вернулись к концепции вакуумного маглева. Фирма привлекла более \$450 млн инвестиций, построила экспериментальную инфраструктуру и даже провела испытание с людьми на борту, правда на скорости всего 160 км/ч. Однако в конце 2023 года компания была ликвидирована, так и не заключив ни одного контракта на постройку коммерческой линии. Но идея вакуумных маглевок, которые с легкой руки Маска теперь именуются «гиперлупами» даже в научных работах, не умерла.

Самых впечатляющих успехов в этой сфере достиг Китай. Проектом занимается Китайская аэрокосмическая научно-промышленная корпорация (CASIC), крупный производитель космической техники и оружия. В феврале 2024 года ее капсула T-Flight развила скорость не менее 623 км/ч (точная цифра не раскрывается) на линии протяженностью 2 км. По скудным сообщениям трудно понять, откачивали ли при этом из тоннеля воздух. Однако в августе агентство Синьхуа сообщило об испытании в условиях «низкого вакуума». Формально под это определение подпадает даже давление в 90% атмосферного, а точные цифры засекречены. По расчетам экспертов, в коммерческих рейсах на дистанции в 200 км оптимально давление от 0,3% до 8% атмосферного, в зависимости от технических деталей.



Цель CASIC – перевозки «Пекин – Шанхай» на скорости 1000 км/ч. Для сравнения: типичная крейсерская скорость авиалайнера – 800–900 км/ч.

Пока в Китае строят большие капсулы и длинные туннели, швейцарский проект LIMITLESS отрабатывает нужные технологии на малоразмерной модели. Миниатюрная капсула перемещается по трубе диаметром 40 см и



длиной 126 м с давлением воздуха в 5% атмосферного. Труба закольцована: чтобы капсула пролетела любую дистанцию, нужно лишь сделать нужное число оборотов. Именно эта капсула недавно установила рекорд дальности для hyperloop, преодолев 11,8 км. Правда, максимальная скорость составляла всего 41 км/ч.

Предполагается, что это модель транспортной линии в масштабе 1:12. То есть полномасштабная капсула, двигаясь по туннелю диаметром пять метров, разогналась бы да 490 км/ч и преодолела 140 км.

LIMITLESS – совместный проект Федеральной политехнической школы Лозанны, Школы бизнеса и инженерии и частной компании Swisspod Technologies. Разработчики применили довольно интересную технологию. Левитация капсулы над полом и ее движение по туннелю обеспечиваются одним двигателем. Двигатель и аккумулятор для него находятся в самой капсуле. Образно говоря, капсула работает как автомобиль, полагающийся на собственный бак, а не как трамвай, зависящий от проводов. Разработка еще не доведена до конца, но это решение может удешевить создание инфраструктуры для «гиперлупов». Будет ли вакуумный маглев конкурентоспособен по сравнению с обычным транспортом? По расходу энергии на пассажиро-километр – более чем. А вот с финансовой стороной вопроса все сложнее.

Оценка ИПЕМ основывалась на открытых данных по стоимости километра линий hyperloop в 2019 году. Разумеется, это очень приблизительные цифры. Но они высвечивают главную проблему любого «транспорта будущего»: окупаемость. Даже обычные маглевы по сей день остаются экзотикой. Вполне возможно, что в ближайшие десятилетия все же будет запущено несколько линий «гиперлупов». Но это будет предмет гордости отдельных держав, как когда-то сверхзвуковые пассажирские перевозки, а не массовый вид транспорта, меняющий нашу жизнь, как это обещал Маск. Впрочем, при работе над проектами такой сложности инженеры вынуждены разрабатывать множество новых технологий. Некоторые из них могут усовершенствовать вполне обычный транспорт, от электропоездов до авиации.

<https://www.forbes.ru/mneniya/524854-hyperloop-ziv-skoro-li-zdat-passazirskih-pereletov-pod-zemlej>

## **Применение технологии магнитной левитации на железнодорожном транспорте**

Авторы Тычков А.С., Строганова А.А.

На протяжении последних пятидесяти лет регулярно поднимается вопрос внедрения такого технического усовершенствования транспортной системы, как снабжение некоторых наиболее популярных транспортных средств системами магнитной левитации. Магнитолевитационные проекты

чаще всего касаются автомобильного и железнодорожного транспорта. Уже созданы модели, конструкционная скорость которых будет превышать 500 км/ч.

Исследование влияния внедрения магнитной левитации на транспортную систему и создание первых опытных моделей и даже функционирующих систем принадлежит в первую очередь таким странам как Япония, Германия, США, Китай, Великобритания.

При анализе причин, препятствующих развитию поездов на магнитной подушке, было разобрано несколько ключевых моментов. Во-первых, ссылаясь на слова главы Всемирной ассоциации маглева Йоханнеса Ключписса, внедрение новых технологий не выгодно для владельцев системы «колесо-рельс». При переходе к системе магнитной левитации многим заводам придется либо экстренно переквалифицироваться на создание новых средств тяги, новых путей. Или закрываться совсем, что принесет их владельцам колоссальные убытки. Вторая причина заключается в больших финансовых вложениях, ведь внедрение поездов на магнитной левитации потребует модернизацию или полную замену существующего рельсового полотна, создание нового парка поездов, постройку необходимых объектов инфраструктуры и сопутствующих сооружений. Осложняется все и тем, что многочисленные детали и оборудование, по крайней мере, первое время, нужно будет закупать за рубежом, что в настоящее время несколько осложнено.

Во всем мире идет активное создание моделей движущих средств на магнитной подушке. Приведем самые популярные и оригинальные из них.

В США ведётся разработка мелкомасштабного прототипа, стабилизированного левитирующего транспортного средства инженерами компании LaunchPoint Technologies. В разработке также принимали участие такие компании, как Applied Levitation и Fastransit Inc. Подвеска на стабилизированных постоянных магнитах (SPM) имеет экономическое преимущество из-за возможности реализации технологии на уже существующих рельсах железных дорог и метрополитена путём модернизации полотна. Отпадает необходимость в изменении существующей инфраструктуры. Модернизация существующего пути происходит следующим образом: на шпалы устанавливаются направляющие SPM, на каждый рельс снаружи устанавливается по одному рельсу с магнитным подвесом, моторный рельс устанавливается посередине.

В Италии популярность приобрел проект IronLev, но применение пассивной магнитной подвески здесь было реализовано не на поезде, а на обыкновенной дрезине. Преимущество такое же, как и у предыдущего проекта возможность эксплуатации без глобальной перестройки всей железнодорожной сети. Пассивные магниты исключают использование электричества, U-образные магниты вместо колесных пар позволяют использовать технологию на существующих путях. Пилотная модель была

успешно протестирована, следующим этапом создатели называют разработку дополнительной моторизованной тележки.

Одним из масштабных проектов является польский технологический стартап от корпорации Nevomo. Основной идеей Nevomo является поэтапная модернизация железнодорожной отрасли путём внедрения инновационных решений и проектов. Конечной целью проекта видится внедрение системы Hyperloop, которая заключается в перемещении поезда с помощью магнитной левитации внутри вакуумного коридора. Но из-за неготовности транспортной системы к столь кардинальным изменениям был создан промежуточный этап модернизации – MagRail. Технология MagRail в отличие от Hyperloop требует лишь усовершенствования уже существующей инфраструктуры и позволяет использовать уже существующие транспортные коридоры. Это позволяет постепенно менять существующий парк железнодорожной техники на более современные модели, использующие магнитную левитацию. Суть модернизации заключается в следующем: между действующими стальными рельсами размещается статор линейного двигателя, мотор с магнитами прикрепляется к тележке вагона, снаружи рельсов по бокам от статора устанавливаются две левитационные балки. Движение и остановка состава осуществляется через взаимодействие статора с мотором, подъем и стабилизацию обеспечивают левитационные балки.

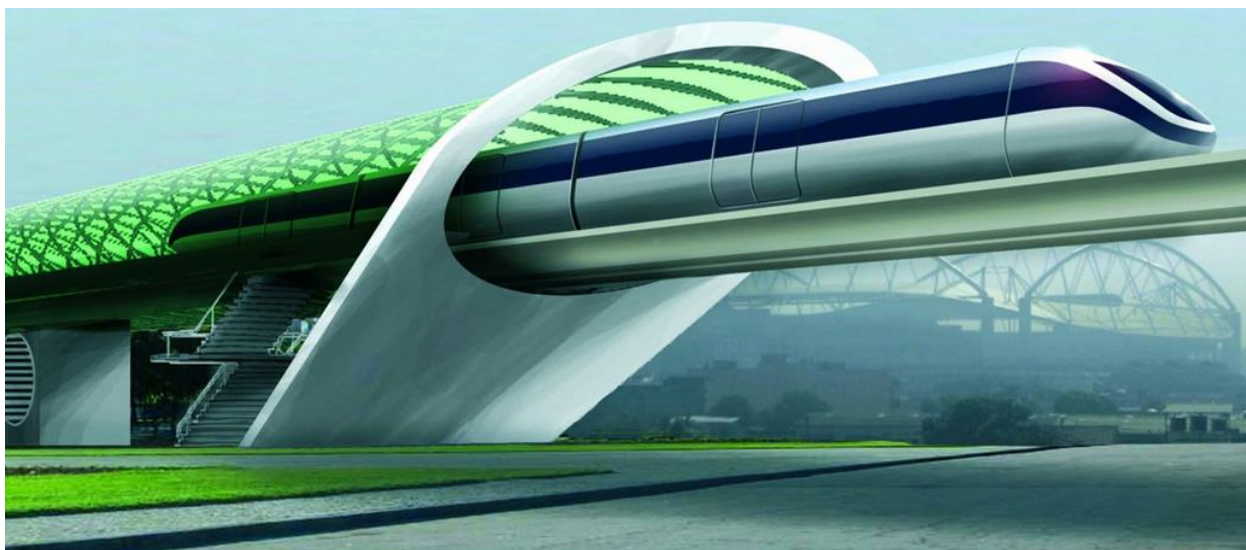


В России есть свой проект поездов, использующих технологию магнитной левитации. Принципиальное отличие данной технологии от реализуемых в других странах совмещение электромагнитов и постоянных магнитов. Основная нагрузка приходится на постоянный магнит, регулирование же силы магнитного поля осуществляется электромагнитом. Колебание силы магнитного поля в зависимости от ситуации приводит к постоянству расстояния между поездом и путём. Недостатком мощных постоянных магнитов является их недолговечность, но учёные создали

альтернативу, которая называется «магнитная сборка» - не один большой магнит, а значительное число элементов малого размера. Данная технология получила название «Росмаглев», была запатентована и стала третьей существующей технологией магнитной левитации.

Реализация данного проекта в нынешних условиях возможна. На территории Российской Федерации успешно функционирует несколько заводов, специализирующихся на производстве постоянных магнитов. Существенным недостатком является тот факт, что часть комплектующих проекта закупается из-за рубежа. Но внедрение магнитной левитации, основанной на российской технологии, должно стать стимулом к созданию и модернизации многих производств.

В России внедрение маглевов потребует строительство эстакад, преимуществом которых является обход проблем, связанных со слабым грунтом трудностями при строительстве из-за низкой прочности и вязкости грунта. Эстакады позволят обходить данные участки, тогда как существующие технологии предполагают вмешательство и замену грунта на более устойчивый. Эстакады помогут избежать влияния на природу и не менять характерный для данных территорий грунт. Кроме этого, с помощью эстакад можно будет создавать кратчайшие пути для связи конечных точек маршрута, создавать максимально короткие магистральные линии.



В настоящее время многие компании обращаются к технологии магнитных подвесов. Но, несмотря на огромное количество стартапов и инновационных решений, маглевы не вошли в массовое производство. Чаще всего причинами такого длительного застоя в данном направлении и «заморожки» многочисленных отечественных и иностранных проектов называют следующее: во-первых, в основе всех технологий лежит использование магнитов из редкоземельных металлов. Создание таких магнитов в настоящее время является достаточно дорогостоящим; во-вторых, потребуется модернизация современного железнодорожного полотна в лучшем случае, или создание совершенно новых путей – в худшем; в-третьих,



остаётся много открытых вопросов, которые обязательно встанут после введения таких поездов в эксплуатацию. Например, моделирование внештатных ситуаций и возможные способы их решения (из-за невозможности регулирования магнитного подвеса), проведение электроснабжения и другое.

Но озвученные выше проблемы решаемы, а затраты на внедрение новой транспортной системы достаточно быстро окупятся за счёт высоко пассажиропотока, а также за счёт повышенной долговечности как самого подвижного состава, так и рельсового полотна. Объясняется это тем, что при переходе от системы «колесо-рельс» к магнитным подвесам ликвидируется один из самых разрушающих факторов - трение, кроме того, в перспективе при создании вакуумных коридоров уменьшается разрушающее влияние окружающей среды на все составляющие движения (поезд и состав). Модернизацию железнодорожных путей в нашей стране можно назвать даже необходимостью, ведь классическая технология строения пути из-за особенности грунта отдельных территорий достаточно дорогостоящая и требует замены грунта, а большие перепады температур в некоторых регионах приводят к смещению полотна до 4 метров. Маглевы, если не затрагивать технологии модернизации современных путей сообщения, требуют строительства специальных эстакад, что является более затратным по сравнению с классической технологией, но в перспективе из-за отсутствия перечисленных выше проблем данное техническое решение достаточно быстро окупается.

Поезда, использующие магнитную левитацию для движения, достаточно перспективное направление, на которое стоит обратить внимание специалистам транспортной отрасли, а также продолжать начатые изыскания для определения экономической целесообразности в рамках перспектив развития железнодорожной отрасли в целом.

[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_75995325\\_94800393.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_75995325_94800393.pdf)

### **Завершена разработка высокоскоростных поездов серии CR450**

Китайская корпорация CRRC завершила разработку высокоскоростных поездов серии CR450, начатую в 2021 г. В ходе опытных поездок на железнодорожной магистрали Пекин-Тяньцзинь два поезда этой серии достигли конструкционной скорости 450 км/ч и подтвердили ряд других заявленных технических характеристик.

Эксплуатационные испытания поездов будут проходить в течение I квартала 2025 г., после чего они поступят в коммерческую эксплуатацию на линию Чэнду-Чунцин. Хотя скорость поездов серии CR450 при этом в целях безопасности будет ограничена до 400 км/ч, они станут самыми быстрыми поездами в мире из всех находящихся в регулярном пассажирском сообщении.





Новые поезда созданы на базе национальной платформы Fuxing, которая стала основой для всей линейки высокоскоростных поездов китайских железных дорог.

По сравнению с эксплуатируемыми высокоскоростными поездами сопротивление движению поезда серии CR450 меньше на 22 %, а масса – на 12 %, уровень шума в салоне ниже на 2 дБ, салон шире на 4 %, осевая нагрузка составляет 14,5 тс. В конструкции вагонов широко использованы легкие сплавы и композиционные материалы, в тяговом приводе применены электродвигатели на постоянных магнитах. Головные вагоны поезда имеют развитую крэш-систему безопасности. Существенное влияние на улучшение аэродинамики нового поезда оказывают объемные обтекатели, нижние юбки которых не только закрывают подвагонное оборудование, но и почти полностью охватывают тележки. При проектировании поезда серии CR450 конструкторам помогал искусственный интеллект, он же использован для контроля всех систем управления движением, причем машинист может общаться с ним не только посредством сенсорных экранов, но и с помощью голосовых команд. При необходимости искусственный интеллект сам принимает решение об изменении режима движения поезда. Для пассажиров предусмотрены салоны бизнес-класса, I и II классов.

[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_80399795\\_16000955.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_80399795_16000955.pdf)

### **Улучшенная модель**

Тверской вагоностроительный завод (входит в АО «Трансмашхолдинг») выпустил первый купейный пассажирский вагон локомотивной тяги модели 61-4533 увеличенного габарита. Инновационная модель обеспечивает увеличение пассажироместимости, повышение уровня комфорта для пассажиров, улучшение эксплуатационных и сервисных характеристик. Все это делает ее эффективней предшествующих моделей. По сравнению с вагонами широко распространенного габарита 1-ВМ у вагона габарита Т длина больше на 73 см, ширина – на 28 см, проход по салону на 9 см шире,

спальные места в купе 15 см длиннее, появилось дополнительное пассажирское купе. В вагоне применены современные системы торможения, энергоснабжения, обеспечения микроклимата, управления и диагностики.

На текущем этапе реализации проекта запланировано изготовление шести вагонов модели 61-4533. Кузов вагона с заводским номером 00001 успешно прошел статические прочностные приемочные испытания. Начаты предварительные и сертификационные испытания. Опытные образцы будут подвергаться тестированию в различных погодных и эксплуатационных условиях для проверки работы всего оборудования, а также взаимодействия с железнодорожной инфраструктурой.



После завершения цикла приемочных, сертификационных и эксплуатационных испытаний и получения сертификата соответствия требованиям Технического регламента Таможенного союза новые вагоны будут переданы холдингу «РЖД» для перевозок пассажиров на наиболее популярных маршрутах.

[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_80399791\\_85148904.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_80399791_85148904.pdf)

## Внедрена новая система

АО «Коломенский завод» (входит в состав АО «Трансмашхолдинг» (ТМХ)) передало ОАО «РЖД» первый пассажирский тепловоз серии ТЭП70БС, оснащенный системой автоматического запуска дизеля (САЗД). САЗД, разработанная специалистами АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава (АО «ВНИКТИ», г. Коломна) совместно с конструкторами компании «ТМХ Инжиниринг» и Инжинирингового центра двигателестроения ТМХ, обеспечивает нагрев теплоносителей системы охлаждения дизеля в холодную погоду без присутствия человека.

Она автоматически запускает дизель для нагрева теплоносителей, когда их температура опускается ниже определенного уровня, включает прокачивающие насосы после остановки дизеля, следит за зарядом аккумуляторной батареи (АБ) тепловоза и при необходимости заряжает пусковые конденсаторы (используются для надежного запуска при изношенной(подсевшей) АБ), а также подает машинисту звуковой сигнал при возникновении неисправностей.



Внедрение новой системы позволит экономить дизельное топливо, так как она избавляет от необходимости непрерывной работы дизеля на холостом ходу во время простоя тепловоза в холодную погоду. Тепловоз ТЭП70БС с новой системой прошел все необходимые испытания, в том числе и дополнительные, в ходе которых имитировалась соответствующая температура теплоносителей и окружающей среды с помощью специальных датчиков (без помещения тепловоза в климатическую камеру). На полигоне Октябрьской железной дороги намечены его эксплуатационные испытания, по итогам которых будет принято решение о целесообразности установки САЗД на строящихся тепловозах серии ТЭП70БС.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80399791\\_74207894.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80399791_74207894.pdf)

## На юг по ВСМ: что ждет пассажиров

Авторы Вакуленко С.П., Колин А.В., Бакин А.А., Насыбуллин А.М.

Идея организации пассажирских перевозок на выделенных высокоскоростных магистралях (ВСМ) в нашей стране появилась почти 50 лет назад. В 1970-е годы впервые было предложено осваивать возрастающие пассажиропотоки в сообщении Центральная Европейская часть России – Крым и Кавказ с помощью новой линии ВСМ Центр-Юг. Однако до сих пор ни одной высокоскоростной железнодорожной линии в России так и не появилось.

В настоящее время ведутся работы по сооружению первой ВСМ Москва-Санкт-Петербург, движение по которой планируется организовать в 2028 г. Ожидается дальнейшее развитие высокоскоростного движения на магистралях Москва-Казань-Екатеринбург (ВСМ-2), Москва-Краснодар (ВСМ-3) и Москва-Минск (ВСМ-4). Вместе с тем в экспертных кругах продолжают дискуссии о целесообразности сооружения специализированной ВСМ Москва-Юг, когда есть другой вариант: ускорение пассажирских поездов на существующей железнодорожной линии Москва-Воронеж-Ростов-на-Дону-Краснодар-Адлер.

Следует отметить, что сравнивать между собой варианты скоростного и высокоскоростного сообщения пассажирских поездов на существующей линии и новой ВСМ нельзя в отрыве от вопросов организации пропуска грузовых поездов. Одним из ключевых преимуществ варианта строительства ВСМ является тот факт, что при его реализации на существующей линии высвобождается пропускная способность для нужд грузового движения.

Ввод в эксплуатацию ВСМ сократит время нахождения пассажиров в пути в 4 раза, тогда как организация скоростного движения на существующей линии позволит сократить его всего в 2 раза (до 16 ч).

В таблице представлены характеристики трех способов перевозки пассажиров по маршруту Москва-Адлер:

**Характеристики вариантов перевозки пассажиров по маршруту Москва – Адлер**

| Способ перевозки                                                                | Ходовая скорость движения (максимальная), км/ч | Ходовая скорость движения (средняя), км/ч | Маршрутная скорость движения, км/ч | Время в пути в одну сторону, ч | Число вагонов в составе поезда | Схема поезда**                                     | Вместимость, пасс. | Потребное число составов в обороте |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------|
| Пассажирский поезд локомотивной тяги (существующее положение)                   | 140                                            | 75                                        | 53                                 | 33,2*                          | 17+ВР                          | СВ+7К+9П+ВР                                        | 756                | 4                                  |
| Пассажирский поезд локомотивной тяги (скоростное сообщение с электровозом ЭП20) | 160                                            | 130                                       | 104                                | 16,8                           | 14+ВР                          | СВ+7К+6П+ВР                                        | 594                | 2                                  |
| Высокоскоростной поезд на специализированной ВСМ                                | 350                                            | 270                                       | 216                                | 8,1                            | 15+ВР                          | 7 вагонов с местами для лежания + + 8 сидячих + ВР | 717                | 1                                  |

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что в сообщении Москва-Краснодар-Сочи вариант освоения пассажирских перевозок с помощью новой специализированной ВСМ является наиболее целесообразным, так как имеет следующие преимущества:

- высвобождаются пропускные способности для нужд грузовых перевозок по международному транспортному коридору Север-Юг;
- полностью отсутствуют имиджевые риски, связанные с резким ухудшением качества транспортного обслуживания пассажиров на время реконструкции существующей железнодорожной линии Москва-Елец-Воронеж-Ростов-на-Дону-Краснодар;
- время нахождения пассажиров в пути сокращается в 4 раза.

Разброс тарифных планов на ВСМ без ущерба для ее окупаемости может быть таковым, что стоимость проезда от Москвы до Адлера по самому дешевому тарифному плану составит 5000 руб. в текущих ценах, что лишь немногим больше, чем стоимость проезда в плацкартном вагоне нефирменного поезда. Для высокоскоростного сообщения обеспечивается высокий потенциал конкурентоспособности с авиатранспортом, так как при сопоставимой стоимости проезда поездка может осуществляться в течение ночи с возможностью обеспечения ночного отдыха.

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80399793\\_67330453.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80399793_67330453.pdf)