



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 IV КВАРТАЛ 2025



Ростов-на-Дону

Составитель: главный библиотекарь НТБ О.П. Сокирка

Оглавление

Цифровой испытательный полигон для беспилотных транспортных систем....	5
Реализация двухрежимного управления нажимными вагонными замедлителями	7
Автоматический контроль излома рельсов и обрыва дроссельных перемычек	9
Необходимая точность определения местоположения поездов	10
Интеллектуальная система для транскрибации речи.....	13
Завершили опробование системы предотвращения задержек поездов в Лондоне...	15
В режиме опытной эксплуатации запустили электропоезда RegioFox на биотопливе в Чехии.....	15
В провинции Хэнань начал курсировать туристический поезд-отель.....	16
Инновационные решения для рельсового транспорта	17
Развитие интеллектуальных систем управления электрическим транспортом	20
Проектирование беспроводных сетей в пассажирских поездах	22
Инновационные разработки для ВСМ	25
Композитные шпалы в метрополитенах	27
Защита систем ЖАТ от преднамеренного воздействия	30
Мониторинг инфраструктуры на основе искусственного интеллекта.....	32
Новый вагон-хоппер для зерна повышенного объема и увеличенной грузоподъемности.....	34
Будущее железнодорожного транспорта: как РЖД внедряет предиктивную аналитику для предотвращения аварий	36
Перспективы использования ИИ-технологий в целях повышения энергоэффективности прогнозных графиков движения поездов	38
Энергией обеспечивает солнце	41
Флекситанк для 40 – футовых контейнеров	42
Структурирование данных об «окнах» в АС АПВО-2	43
Сертификат подтвержден	44
Сертифицирована новая модель.	45
Испытания начались.....	47
В Китае введена в эксплуатацию новая ВСМ, внедрены прорывные беспилотные и зеленые технологии.....	48
Гибридные ричстакеры	49
Инновационное всесезонное моторное масло для дизелей.....	50
В Китае разработали бортовую систему получения электроэнергии от встречного воздушного потока	52

О развитии систем широкополосной радиосвязи на железнодорожном транспорте	53
Испытания двухэтажного многосистемного электропоезда DDEMU2 проводят в Венгрии.....	56
Трансформация производственных процессов в эпоху цифровых технологий	58
Цифровая железнодорожная станция как ключевой элемент повышения эффективности перевозочного процесса.....	60
Перспективы тиражирования проекта «Цифровая железнодорожная станция»	63
Контейнерные поезда повышенной длины.....	65
Новые локомотивы	66
Испытан синхронный агрегат	68
Предиктивная диагностика локомотивов	68
Панели солнечных батарей, смонтировали между рельсами железной дороги.....	70
В Австрии изготовили рельсы из стали, полученной из восстановленного водородом железа.	71
Электровоз ЭП2К для пассажирского поезда с инновационными вагонами габарита Т.....	72
Импортозамещение – как стимул развития технологической независимости российских железных дорог	73
В Санкт-Петербурге прошел международный железнодорожный салон техники и технологий.....	74
Новые системы управления и обеспечения безопасности на зарубежных железных дорогах.....	79
Применение программируемых автоматических БПЛА для технического осмотра вагонов в грузовом поезде	81
Светодиодное освещение и энергоэффективность объектов ОАО «РЖД»	85
Интеллектуальные алгоритмы централизованного управления и их применение на железных дорогах КНР	87
Проблематика выработки новых подходов к организации доставки грузов	89
Перспективы внедрения беспилотного движения грузовых поездов	91
Роботизация на железнодорожном транспорте.....	96
Технологии высоких скоростей в железнодорожном транспорте.....	101
Обзор исследований и практика эксплуатации поездов на магнитной подушке ...	106
Расчётная оценка эффективности применения альтернативных источников энергии на маневровых локомотивах	109
Инновационная вакуумная теплоизоляция нетягового подвижного состава	112

Внедрение цифровых технологий в процесс обработки подвижного состава на пункте технической передачи (ПТП)	114
Гибридный маневровый локомотив на топливных элементах: разработка, эффективность и безопасность.....	118
Шпалы из серобетона.....	121
Современные подходы к разработке нормативов геометрии рельсовой колеи для устройства и содержания ВСЖМ-1	125
Применение композитных плит безбалластного мостового полотна	127
Инновации в путевом хозяйстве промышленного железнодорожного транспорта	130
Композитные материалы верхнего строения пути на мостовых переходах	134
Искусственный интеллект как инструмент эффективного содержания объектов железнодорожной инфраструктуры	137
Датчики мониторинга пути на британских железных дорогах	139

Цифровой испытательный полигон для беспилотных транспортных систем

Авторы Мыльников П.Д., Озеров А.В.

ОАО «РЖД» разработаны и активно внедряются технические решения для автоматизации движения подвижного состава. Система «Автомашинист» для маневровых локомотивов, система управления третьего и четвертого уровня автоматизации (УАЗ и УА4) для пассажирского подвижного состава на Московском центральном кольце (МЦК) основаны на применении технологии технического зрения. Развивается направление автоматизации магистральных локомотивов с последующим переходом к эксплуатации «безмашиниста».

Быстрое развитие указанных инновационных решений и их внедрение в эксплуатационную деятельность вызывает необходимость оперативного тестирования высокоавтоматизированных систем для исключения возникновения опасных ситуаций. В связи с этим возникает необходимость создания цифровых полигонов для виртуального тестирования и моделирования программно-аппаратных комплексов управления беспилотными транспортными средствами. Например, целевая эксплуатационная модель МЦК с беспилотными электропоездами включает десятки расчетных сценариев взаимодействия пассажиров с беспилотной транспортной системой и нештатных ситуаций на инфраструктуре, которые в полной мере не могут быть смоделированы в реальном мире. При этом в ходе эксплуатации могут выявляться и непредусмотренные сценарии, способные негативно отразиться на поведении автономной системы.

В области автономного транспорта значение симуляторов широко признается в научном и инженерном сообществах. Симуляторы способствуют быстрой интеграции новых разработок благодаря стандартизированным форматам данных и общему подходу к работе с сенсорами. Использование цифровых испытательных стендов систем управления в автомобильной отрасли стало важным элементом процесса подтверждения соответствия и допуска систем помощи водителю и автоматического вождения на дороге общего пользования. Этот опыт переносится и на железнодорожную отрасль.

Так, направление по созданию цифровых двойников инфраструктуры активно разрабатывается в рамках программы инновационного развития железнодорожного транспорта EC Shift2Rail и других зарубежных проектов, в том числе для проведения в последующем цифровых испытаний различных систем управления. Согласно отраслевой инициативы «Цифровые железные дороги Германии» (Digitale SchieneDeutschland, DSD) ведется создание цифровой платформы для тестирования системы обнаружения препятствий для беспилотных поездов на основе цифрового двойника железнодорожной сети, предусматривающая имитацию различных сценариев в различных погодных условиях и в разное время суток. Основная цель DSD – сократить объем сложных, дорогостоящих и трудоемких натурных испытаний. В рамках DSD разрабатывается виртуальная испытательная среда для работы с

высокоавтоматизированными и беспилотными системами. При этом была поставлена задача комплексирования, верификации и валидации системы на всех этапах разработки.

Кроме этого, предусмотрена возможность проведения испытания модели в контуре обратной связи (Model-in-the-Loop), за счет которой соответствующие мероприятия могут быть начаты на ранних этапах разработки, например, вовремя формирования требований и проектирования системы. На более поздних этапах разработки системы для тестирования ее промежуточных версий могут проводиться испытания с программным обеспечением в контуре обратной связи (Software-in-the-Loop, SIL), аппаратным обеспечением в контуре обратной связи (Hardware-in-the-Loop, HIL), многократным воспроизведением сценариев (Data Replay) и испытания на опытном полигоне.

Цифровой испытательный полигон, разрабатываемый в ОАО «РЖД», представляет собой набор стендов для проверки функционирования систем управления систем технического зрения высокоавтоматизированного подвижного состава во всех возможных сценариях его эксплуатации.

Многоуровневая система верификации программного обеспечения оборудования достигается благодаря применению трех стендов: SIL, HIL, VIL. Испытательный стенд SIL применяется для тестирования и верификации ПО посредством моделирования аппаратных компонентов системы и их взаимодействия с программным обеспечением. Испытательный стенд HIL использует физические компоненты системы, такие как датчики и исполнительные механизмы, вместе с программными моделями для имитации всей системы. Испытательный стенд VIL (Vehicle-in-the-Loop – транспортное средство в контуре обратной связи) представляет собой комбинацию методов SIL и HIL.

Стенд VIL использует виртуальные модели устройств и физических процессов, созданных на основе реальных данных и измерений. Основой для всех испытательных стендов является цифровая модель мира. Она обеспечивает генерацию высокодетализированной железнодорожной инфраструктуры, поездных моделей и интерфейс для управления сценариями окружения, погодными условиями и другими характеристиками окружающей среды.

В качестве первой оцифрованной модели мира для цифрового полигона было выбрано экспериментальное кольцо в Щербинке.

Возможность многократного воспроизведения различных сценариев – важнейшее требование цифрового испытательного полигона. Благодаря применению высокопроизводительных аппаратных решений в цифровом полигоне обеспечивается возможность многопоточного запуска множества одновременных испытаний, что значительно сокращает время на верификацию работы системы.



Ускоренное развитие беспилотных технологий на железнодорожном транспорте ставит задачу оперативного тестирования и верификации систем управления нового типа. Данная задача может быть решена с помощью создания цифровых испытательных полигонов, предназначенных для виртуального моделирования, тестирования и верификации всех элементов указанных систем.

Цифровой испытательный полигон представляет собой программно-аппаратный комплекс, который воссоздает физические, функциональные и эксплуатационные характеристики объектов и систем. Он позволяет проводить тестирование алгоритмов управления, отрабатывать нештатные ситуации и оптимизировать процессы без необходимости использования реальной инфраструктуры, а также проводить тестирование без риска для реальной инфраструктуры и людей, что делает его незаменимым инструментом для разработчиков и инженеров. В АО «НИИАС» ведется разработка цифрового испытательного полигона, который должен стать основой для создания в ОАО «РЖД» Центра верификации систем технического зрения.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83159995_12435891.pdf

Реализация двухрежимного управления нажимными вагонными замедлителями

Авторы Канухин К.А., Кобзев В.А., Чаевский В.П., Бородако А.М.

В настоящее время на сортировочных горках российских и белорусской железных дорог успешно используют прогрессивные нажимные вагонные замедлители нового поколения разнообразных типов. Эти универсальные тормозные устройства могут эффективно работать как на горочных, так и на парковых тормозных позициях, обеспечивая торможение вагонов в различных эксплуатационных условиях. Они характеризуются инновационной конструкцией, отличающейся широким ассортиментом типоразмеров и

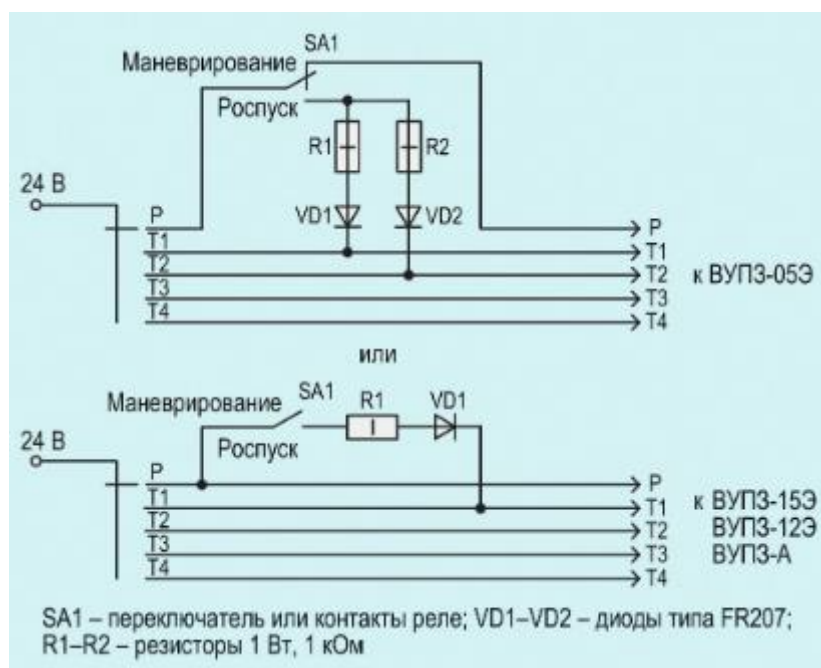
мощностных характеристик, а также низким энергопотреблением и снижением затрат на обслуживание. Благодаря высокому быстродействию, удобству эксплуатации и надежности, они подходят для эксплуатации в различных, в том числе и суровых климатических условиях.

Новое поколение нажимных вагонных замедлителей в основном отвечает современным эксплуатационно-техническим требованиям. Однако у них есть недостаток – отсутствие подготовленного к торможению положения, что было характерно для предыдущих моделей, таких как КНП-5 и ВЗПГ.

Предлагается внедрить двухрежимное управление замедлителем. Первый режим (квазиподготовленный) осуществляется посредством установления минимальной ступени торможения при давлении в пневмосети замедлителя 40–70 кПа. В результате тормозные балки удерживаются в поднятом положении с минимальным усилием торможения (~1000 Н), что практически не влияет на скорость движения вагона.

Второй режим (тормозной) активируется командой на включение более высокой ступени торможения, когда необходимо затормозить вагон. В этом случае усилие торможения возрастает быстро, а ударное воздействие исключается. Таким образом, предлагаемое двухрежимное управление замедлителем позволяет: снизить ударные нагрузки, повысить быстродействие, уменьшить потребление воздуха, сохранить качество регулировки скорости тормозимых вагонов.

Для реализации двухрежимного управления торможением вагонов в схему управления воздухосборниками ВУПЗ-05Э, ВУПЗ-15Э, ВУПЗ-12Э и ВУПЗ-А вносятся изменения, приведенные на рисунке.



Основная идея заключается в смене режима тормозного воздействия в зависимости от условий эксплуатации: во время роспуска вагонов вместо команды оттормаживания «Р» подается команда торможения «Т0.5»,

настроенная на минимальное давление воздуха, необходимое только для удержания тормозных балок в поднятом (квазиподготовленном) положении.

Для исключения ошибок оператора и предотвращения ситуации, когда тепловоз заезжает в замедлитель с поднятыми тормозными балками (опасной ситуации для безопасности движения и оборудования), необходимо согласовать работу тормозных систем и сигнальных устройств: увязать схему управления вагонными замедлителями со схемой управления горочными светофорами.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83159986_92534463.pdf

Автоматический контроль излома рельсов и обрыва дроссельных перемычек

Авторы Шаманов В.И., Денежкин Д.В.

Обнаружение изломов рельсов и передача сообщений об этом является проблемой на всех железных дорогах мира. Периодический ручной контроль или контроль с использованием вагонов-дефектоскопов не позволяет своевременно обнаружить лопнувший рельс. Автоматический контроль излома рельсов при полном его электрическом разрыве обеспечивается контрольным режимом работы рельсовых цепей(РЦ), расчеты которого проводятся при строго определенных значениях электрических и магнитных параметров рельсовых линий. Однако в процессе эксплуатации эти значения меняются в достаточно широких пределах, но результаты того, как это влияет на работу контрольного режима, в технической литературе не публиковались.

Непрерывный автоматический контроль излома рельсов является весьма ответственной функцией. Поэтому актуальна задача повышения его своевременности и достоверности с помощью других физических принципов, например, по характеру распределения переменного тягового тока по рельсовым линиям. Изменения характера этого распределения при обрывах дроссельных перемычек и при изломе рельса схожи, что позволяет контролировать их состояния одновременно. Результаты данных исследований позволили разработать способ автоматического контроля излома рельса и обрыва дроссельных перемычек в РЦ, оборудованных ДТ. Реальный переменный тяговый ток представляет смесь токов его различных гармоник. Поэтому в качестве входных параметров удобны сигналы, пропорциональные величинам асимметрии эффективных значений тяговых токов в рельсовых нитях на концах РЦ. Выходными параметрами являются полученные сигналы об изломе рельса или обрыве дроссельной перемычки в конкретной рельсовой нити. Промежуточные параметры – сигналы, пропорциональные величине коэффициента асимметрии тягового тока.

Контролировать величину тягового тока в начале или конце РЦ удобно по величине тока в соответствующей секции основной обмотки ДТ. Исчезновение тягового тока в такой секции может произойти по одной из

причин – излом рельса вблизи от конца РЦ или при обрыве дроссельной перемычки. При этом путевое реле РЦ должно обесточиться в первом случае из-за наступления контрольного режима ее работы, а во втором – из-за исчезновения сигнального тока. При обрыве дроссельной перемычки РЦ не работает, отчего на время теряется информация об изломе рельса.

Таким образом, на основании проведенных в условиях эксплуатации исследований и математического моделирования разработан новый способ автоматического контроля излома рельсов и обрыва дроссельных перемычек по величине относительной асимметрии переменного тягового тока на концах отрезков рельсовой линии, оборудованных рельсовыми цепями.

Найдено, что изменения условий растекания тяговых токов по рельсовой сети обеспечивают получение достоверной и своевременной информации о таких отказах. Данный способ на электронных элементах электроники или микроэлектроники прост в технической реализации. Это устройство запатентовано на таких элементах.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83159988_35059487.pdf

Необходимая точность определения местоположения поездов

Авторы Ходкевич А.Г., Соколов М.М.

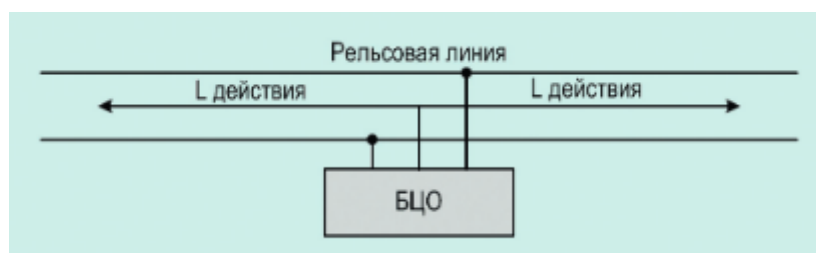
Повышение скоростей движения на железной дороге приводит к необходимости повышения точности определения местоположения головы и хвоста поезда для обеспечения интервального регулирования движения поездов. Самыми простыми устройствами для определения местоположения поездов являются счетчики осей. Такие устройства распознают наличие или отсутствие подвижного состава на ограниченном ими участке железнодорожного пути.

Дискретность фиксации местоположения поезда определяется местом установки счетчиков осей. Счетные устройства (СУ) на границе станции и перегона считают количество осей подвижного состава вошедших и вышедших с контролируемого участка (например, перегона), при равенстве этих значений участок считается свободным, а при неравенстве – занятым. Счетчики осей эффективны, когда необходимо контролировать свободу перегона, а если длина участков контроля небольшая тогда лучше подойдут рельсовые цепи.

Дискретность определения местоположения поездов при рельсовых цепях определяется границами рельсовых цепей. При необходимости увеличения дискретности возрастает количество рельсовых цепей, а, следовательно, количество аппаратуры. Это связано тем, что все рельсовые цепи для определения наличия или отсутствия поезда на контролируемом участке используют амплитудный признак сигнала.

Повышение эффективности работы современных устройств достигается за счет цифровой обработки сигналов. Если использовать цифровую

обработку в рельсовой цепи, то можно избавиться от амплитудного признака и повысить дискретность определения местоположения поезда без увеличения количества рельсовых цепей. Назовем такую рельсовую цепь интеллектуальной.



Блок цифровой обработки (БЦО) подает в рельсовую линию опорный сигнал для определения комплексного входного сопротивления рельсовой линии. На основании измеренного значения комплексного входного сопротивления после цифровой обработки делается вывод о состоянии рельсовой линии (свободна или занята подвижным составом, если занята, то на каком расстоянии от точки подключения БЦО находится поездной шунт, исправна ли сама рельсовая линия).

При создании интеллектуальной рельсовой цепи необходимо установить требования к параметрам ее работы, один из которых это точность определения местоположение поездов. Очевидно, что при создании новых систем их параметры должны быть не хуже, чем параметры предыдущих систем.

Существующие рельсовые цепи определяют местоположение поездов с точностью до их длины, которая может составлять несколько километров. При малой интенсивности движения поездов такая дискретность вполне приемлема. Однако с увеличением интенсивности движения для достижения более высокой пропускной и перерабатывающей способностей участков железных дорог необходимо повышать дискретность определения местоположения поездов. Для разных технологических процессов железнодорожного транспорта, безусловно, необходима разная точность определения местоположения объектов на железнодорожном пути.

Первый вариант – грузовое движение поездов, имеющих самый длинный тормозной путь. Второй вариант – высокоскоростное движение, где поезда ходят со скоростью 350 км/ч. Третий вариант – процесс роспуска вагонов на сортировочной горке, где интенсивность движения высокая за счет малой длины отцепов и малого расстояния между ними.

Кроме того, цифровая обработка сигналов может позволить выполнять диагностику состояния рельсового пути, например, определять место излома рельса. Для таких случаев надо рассмотреть необходимую точность определения места излома рельса (четвертый вариант).

Для исключения столкновения поездов в современных системах автоблокировки организуют защитные участки. Защитный участок – это одна или две рельсовые цепи, находящиеся за пределами блок-участка, свобода

которых проверяется для включения разрешающего огня на светофоре или подачи разрешающего кода автоматической локомотивной сигнализации (АЛС). Минимальная длина защитного участка составляет порядка 300–400 м, с учетом зоны дополнительного шунтирования может достигать 480 м. Поскольку новая система должна повысить дискретность, то за основу возьмем минимальную длину 300 м.

Для случая движения пассажирских поездов с высокой скоростью (второй вариант) необходимо учитывать характерные ему параметры. Интервальное регулирование движения поездов на существующих высокоскоростных железнодорожных линиях имеет следующие параметры: в системе АБТЦ-М со скоростями движения до 250 км/ч – 2,5 мин в системах со скоростями движения до 300 км/ч – 2 мин; в системах со скоростями движения до 350 км/ч – 3 мин. При выполнении задачи диагностирования интеллектуальная рельсовая цепь даст возможность определять координату места обрыва рельсовой линии.

Рассмотрев некоторые возможные места применения интеллектуальной рельсовой цепи относительно необходимой точности определения местоположения поездов или мест повреждений, можно установить следующее. Предлагается за достаточную точность принять диапазон в пределах ± 150 м, что на порядок выше, чем дискретность существующих систем. Тем самым повышается эффективность регулирования движения грузовых составов при соблюдении безопасности движения поездов. Установлено, что существующая точность (до 300 м) соответствует требованиям безопасности и позволяет поддерживать высокую пропускную способность линий, а значит в случае применения интеллектуальной рельсовой цепи на линиях с высокими скоростями точность определения местоположения поездов 300 м будет достаточной.

Наиболее высокая точность потребуется для применения интеллектуальной рельсовой цепи в технологии сортировочного процесса: – не менее 21 м, что вдвое превосходит существующие стандарты и гарантирует соблюдение требований ПТЭ.

В процессе диагностики состояния рельсовых линий рекомендуется точность около 50 м для эффективного выявления дефектов и локализации повреждений.

Новые системы автоматического регулирования должны обеспечивать требуемые уровни точности, соответствующие различным режимам движения поездов. Эффективность процесса регулирования движения грузовых поездов может быть существенно повышена при внедрении предлагаемой технологии. Установлено, что существующие системы определения местоположения поездов для технологического процесса сортировочной горки не полностью удовлетворяют требованиям безопасности движения и там внедрение предлагаемой технологии будет особенно востребовано.

Таким образом, проведенное исследование подтверждает необходимость дифференцированного подхода к определению точности

местоположения поездов, учитывая специфику каждого вида движения и конкретные технические условия.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83159994_74829995.pdf

Интеллектуальная система для транскрибации речи

Авторы Малинский С.В., Сафронов А.И.

На машинистов железнодорожного транспорта, как известно, возложено множество обязанностей. В том числе им приходится вести переговоры с поездными диспетчерами и дежурными по станциям, взаимодействовать с различными локомотивными устройствами и системами и др. Помощь машинистам может оказать технологический инструмент, называемый «транскрибатором».

Транскрибатор – это инновационное устройство для автоматического преобразования устной речи из аудиозаписей или разговоров в текстовый формат с использованием современных алгоритмов распознавания речи и искусственного интеллекта. Он может сохранять записи важных переговоров, улучшать коммуникацию и взаимодействие машинистов с диспетчерами, дежурными по станции, членами локомотивной бригады, что будет способствовать более эффективному реагированию на оперативные изменения в поездной обстановке.

Действие транскрибаторов базируется на машинном обучении и искусственном интеллекте и практически не требует вмешательства человека. При этом качество распознавания речи варьируется в зависимости от языка, акцента, произношения и состояния аудиозаписи.

Рассмотрим актуальные технологические разработки и перспективы применения транскрибаторов на сети железных дорог. Наиболее популярные из них используют облачное решение от Google, предоставляющее возможность автоматического распознавания аудио– и видеозаписей с помощью мощных алгоритмов машинного обучения.

Основными вариантами современных транскрибаторов с учетом качества распознавания и затрачиваемого времени являются следующие. Google Speech Recognition – сервис с большой точностью преобразования устной речи в текстовый формат и пониманием множества языков. Он может быть задействован в различных приложениях и устройствах, отличается значительной производительностью и надежностью, имеет высокий процент распознавания окончаний слов, открытый код и простоту его модификации. К недостаткам сервиса относится возможность неправильного распознавания слов и необходимость доступа к сети интернет.

Vosk Speech Recognition – бесплатная и открытая библиотека распознавания речи, предназначенная для встраивания в приложения и системы. Она обеспечивает высокую точность и скорость, поддерживает несколько языков и может работать оффлайн. Из преимуществ можно

выделить наличие открытого кода и отсутствие необходимости подключения к интернету.

Dictation – приложение, которое позволяет диктовать текст в микрофон своего устройства, а затем автоматически преобразовывать устную речь в письменный текст. Оно встроено в операционную систему, может поддерживать различные языки и акценты, приложения для обработки текста и стороннее программное обеспечение. Текстовый контент создается без необходимости печати, что увеличивает продуктивность при работе с текстом. К недостаткам относится отсутствие открытого кода и длительность распознавания текста.

HTML Speech Recognition – технология, помогающая веб-сайтам и веб-приложениям распознавать речь с использованием микрофона. Она основана на веб-стандарте и обеспечивает создание голосовых интерфейсов для взаимодействия с веб-содержанием, интегрируется в веб-страницы с помощью языка программирования JavaScript. Эта технология содействует увеличению доступности веб-содержания для людей с ограничениями в моторике и взаимодействию с интернетом через голосовой ввод, что делает ее важной частью современной веб-разработки. К преимуществам относится наличие открытого кода и высокий процент распознавания слов и их окончаний.

Для дальнейшей разработки системы был выбран транскрибатор Vosk Speech Recognition, так как оно обладает наибольшим количеством библиотек для языка программирования Python и совместим с функциями библиотек для создания графического интерфейса, хорошо зарекомендовал себя в распознавании окончаний слов при наличии шумов в аудиофайле.



Поскольку программное обеспечение предполагается устанавливать на объектах критической инфраструктуры, в том числе на железнодорожном транспорте, то одним из решающих факторов является способность модели работать в оффлайн режиме. Таким образом, внедрение интеллектуального

транскрибатора на железнодорожном транспорте благодаря улучшению коммуникации между диспетчерами или дежурными по станции машинистами позволит повысить безопасность движения поездов.

Использование модели Vosk даст возможность работы в оффлайн режиме и устойчивость к шумам, что особенно важно в условиях эксплуатации. Рассмотренная система способствует снижению числа ошибок, повышению уровня безопасности и созданию предпосылок для дальнейшей автоматизации процессов управления движением поездов.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83159997_80115792.pdf

Завершили опробование системы предотвращения задержек поездов в Лондоне

Британский оператор London North Eastern Railway (LNER) успешно завершил опробование системы предотвращения задержек поездов на станциях Питерборо и Ньюарк-Нортгейт. Теперь оператор приступает к разворачиванию этой системы на всех станциях своей маршрутной сети, охватывающей сообщения между Лондоном и городами на северо-востоке Великобритании.

Система, основанная на технологиях искусственного интеллекта, анализирует эксплуатационные показатели каждого поезда, погодные условия, чтобы идентифицировать его потенциальные задержки при прибытии на станции. Линейный персонал получает результаты анализа на свои мобильные устройства и своевременно планирует мероприятия, требуемые для предотвращения нарушений перевозочного процесса.

В ходе опытной эксплуатации система помогла предотвратить около 450 потенциальных задержек поездов.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83159999_69846322.pdf

В режиме опытной эксплуатации запустили электропоезда RegioFox на биотопливе в Чехии

Чешские железные дороги запустили в режиме опытной эксплуатации три электропоезда RegioFox, работающих на дизельном топливе с повышенным (20 %) содержанием гидроочищенного растительного масла.

Это заключительный этап проекта по изучению возможности использования этого топлива для пассажирских перевозок, начатого в 2024 г. с целью сократить выбросы парниковых газов. Он продлится от 6 до 12 месяцев.

Ранее на железнодорожном полигоне Велим проводились испытания поездов на разных видах биотоплива. В ходе тестов измерялась производительность, расход топлива и выбросы парниковых газов у поездов,

работающих на разных смесях, а также чистом био– и дизельном топливе. По итогам испытаний топливо с повышенным содержанием гидроочищенного растительного масла было признано наиболее эффективным, после чего было принято решение о пробной эксплуатации.

Топливо подобного типа применяется не только в Чехии. В августе прошлого года о переводе на такое топливо всех своих поездов объявил британский грузовой оператор DB Cargo UK.

www.techzd.ruhttps://www.elibrary.ru/download/elibrary_83159999_69846322.pdf

В провинции Хэнань начал курсировать туристический поезд-отель

В провинции Хэнань в долине реки Хуанхэ (центральная часть Китая) между городами Лоян, Аньяни Саньмэнься с живописными пейзажами и рядом достопримечательностей начал курсировать туристический поезд-отель.

По уровню обслуживания, безопасности и комфорта он сопоставим с высококласными отелями, отвечает требованиям доступности для лиц с ограниченной мобильностью и пожилых людей: имеются поручни с подсветкой, противоскользящее напольное покрытие.



Поезд сформирован из 14 спальных вагонов, вагона-ресторана, многофункционального вагона с чайной комнатой и зонами отдыха, а также служебного вагона для персонала. Кроме того, в поезде организован медпункт, оснащенный оборудованием для оказания неотложной медицинской помощи.

Новый туристический поезд призван способствовать развитию региональной экономики и туризма.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83159999_69846322.pdf

Инновационные решения для рельсового транспорта

Автор Романчиков А.М.

На железнодорожном салоне «PRO//Движение.ЭКСПО» группа компаний «ТМХ Интеллектуальные Системы» (ТМХ ИС) представила свои передовые разработки для магистрального, промышленного и городского рельсового транспорта, которые призваны повысить безопасность и эффективность железнодорожных перевозок.

Информационно-управляющий бортовой комплекс (ИУБК) привлек особое внимание посетителей на стенде ТМХ ИС. Комплекс представляет собой интегрированную систему, разработанную для установки на различные виды тягового подвижного состава.

Такие комплексные решения крайне востребованы на пригородных электро- и дизель-поездах, а также на пассажирских и грузовых магистральных локомотивах. Функциональная составляющая комплекса включает в себя несколько компонентов, в основе которых – система безопасности БОРТ-Р, которая успешно прошла приемочные испытания на сети ОАО «РЖД». Она дополнена системой автоматизированного ведения ИСАВП-РТ-М, которая оснащена инновационной функцией виртуальной сцепки. Важную роль играет регистратор параметров движения РПДА, позволяющий производить точный мониторинг всех процессов.

Дополнительную безопасность обеспечивает система обнаружения препятствий на базе машинного зрения (СОП), а комплекс связи и беспроводной передачи данных гарантирует эффективное взаимодействие всех компонентов системы.



Впервые на выставке была продемонстрирована локомотивная двухдиапазонная радиостанция РТЛ. Она осуществляет голосовую связь и передачу данных. Система предназначена для работы в аналоговой и цифровой сетях связи, поддерживает стандарт DMR и имеет возможность опционального расширения в третьем диапазоне в стандартах GSM-R или

LTE. Она может использоваться для поездной, ремонтно-оперативной и станционной радиосвязи.



Внедрение радиостанции планируется по двум основным направлениям: первичное оснащение нового подвижного состава; замена устаревшего парка на эксплуатируемом подвижном составе.

Кроме того, ее применение актуально для метрополитенов и путевой техники. РТЛ обладает заметным экспортным потенциалом, обусловленным ее технической универсальностью и соответствием общим требованиям стран СНГ.

Значительным блоком экспозиции на стенде ТМХ ИС стали решения для управления движением на станциях и перегонах необщего пользования. Одним из них стала система микропроцессорной централизации для промышленного транспорта. Универсальность системы заключается в возможности гибкой адаптации под конкретные условия и бюджет проекта. Она способна эффективно управлять железнодорожной инфраструктурой любой степени сложности, что делает ее востребованной на небольших объектах и масштабных транспортных узлах. Безопасность и надежность МПЦ достигаются возможностью проектирования системы с различным уровнем полноты безопасности – УПБ (SIL) 2 или УПБ(SIL) 3. Система также предусматривает различные варианты глубины горячего резервирования компонентов, включая устройства сопряжения с объектами. Технологическая независимость обеспечивается с помощью серийно выпускаемых программно-логических контроллеров (ПЛК), в том числе отечественного производства, в качестве аппаратно-программной платформы.



Повышенная надежность коммуникаций достигается за счет использования волоконно-оптических кабелей связи вместо традиционных медножильных, что значительно улучшает качество передачи данных и устойчивость к внешним воздействиям.

Инновационные технологии управления движением реализованы через применение специализированных бесконтактных устройств: стрелочного контроллера КСТ и сигнального контроллера КСВ, которые обеспечивают точное и надежное управление стрелками и сигналами.

Система местного автоматизированного радиоуправления стрелками (МАРС) предназначена для дистанционного управления стрелочными переводами в маневровых районах, локомотивных депо, нецентрализованных районах станций и технологически изолированных от путей общего пользования подъездных и тяговых путей.

Значительный интерес у специалистов вызвали современные системы контроля и диагностики оборудования, продемонстрированные компанией «НИИТКД». Особое внимание посетителей привлек комплекс оперативного диагностирования «ПРОГНОЗ-ПРО» – передовое решение для вибродиагностики роторных машин и агрегатов.

Универсальный комплекс успешно справляется с диагностикой колесно-моторных блоков и тяговых электродвигателей. Система функционирует в автоматическом режиме, предоставляя детальную информацию о текущем состоянии диагностируемого объекта, и позволяет проводить углубленный анализ полученных данных. Ключевые достоинства комплекса заключаются в его автономности, высокой скорости сбора данных, способности к прогнозированию и автоматическому принятию решений. Эти характеристики делают «ПРОГНОЗ-ПРО» незаменимым инструментом в работе технических специалистов.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83004818_55646493.pdf

Развитие интеллектуальных систем управления электрическим транспортом

Авторы Баранов Л.А., Сафронов А.И., Сидоренко В.Г.

Осуществляемая в настоящее время интеграция разных видов транспорта способствует повышению уровня обслуживания пассажиров с использованием единых стандартов и алгоритмов управления, созданию бесшовной среды для пересадок. Это содействует росту пассажиропотока и удовлетворенности пассажиров предоставляемыми услугами.

Модернизация транспортной инфраструктуры и рост требований, предъявляемых к качеству услуг, делает актуальными исследования, направленные на разработку технологических решений и программных продуктов в области интеллектуальных систем управления внеуличным транспортом на основе отечественных достижений. Они направлены на повышение уровня автоматизации и согласованности управления, а также транспортной безопасности, синергетическим эффектом от внедрения которых является создание единой доверенной информационной среды управления внеуличным транспортом.

На этом этапе были определены направления обеспечения безопасности функционирования ИТС на основе анализа отечественных и международных нормативных документов, научных и иных публикаций. Анализ позволил выделить направления безопасности функционирования ИТС, с которыми будут связаны дальнейшие исследования вне зависимости от вида транспорта: в области функциональной безопасности – взаимодействие ТС между собой V2V и с инфраструктурой V2I, а в области информационной безопасности – взаимодействие ТС с облачным хранилищем V2C и сетями передачи информации V2N.

Для ИТС на метрополитене особенно важным вопросом является повышение надежности и безопасности централизованных доверенных ИТС на уровнях использования технологий V2V, V2M, V2P, V2I, прямо или косвенно связанных с учетом инфраструктурных ограничений по пропускной и провозной способностям. Модернизация систем безопасности движения (СОБД) работает в направлении V2V и основана на оценке минимального интервала между поездами, совершенствовании алгоритмов совместного функционирования СОБД и автоматических систем управления движением путем уменьшения «запасов» по допустимым ограничениям скорости, внедрения в интеллектуальные системы управления движением прогнозных моделей возмущений и других способов повышения функциональной безопасности при организации движения поездов, в том числе, при ситуационном управлении при сбоях.

Ведется разработка методов проактивного выявления нарушений работоспособности СОБД, оказывающих влияние на пропускную способность рельсовой системы.



Применительно к ИТС типа «городская электричка» в рамках технологии V2V акцент сделан на усиление программного инструментария составления нормативных графиков движения, способного конкурировать с существующими системами планирования перевозок. На уровне технологий V2V, V2N, V2C, V2I, V2P рассматривается информационная безопасность при взаимодействии БПЛА в высоконагруженных информационных системах, а также средств индивидуальной мобильности и, кроме того, функциональная безопасность интеллектуальных транспортных систем для диагностики железнодорожной инфраструктуры.

Повышение надежности и безопасности ИТС на участках магистрального железнодорожного транспорта в черте городских агломераций на уровне технологий V2G, V2E, V2I связано с электроэнергетикой, а также со своевременной диагностикой и ремонтом элементов контактной сети.

Разрабатываются разнообразные методы обеспечения информационной безопасности ИТС. Они включают:

- защиту локальной вычислительной сети интеллектуальных систем управления движением ТС различных видов транспорта (V2C, V2D, V2I, V2N);
- построение многоуровневой (эшелонированной) системы защиты информации для формирования доверенных маршрутов;
- построение анализаторов внутренних и внешних атак на информационные ресурсы интеллектуальных систем управления;
- информационную защиту персонала, организацию безопасного доступа к критической информационной инфраструктуре;

- оценку уровня защиты информации при хранении и манипуляции данными (V2D, V2P, V2I) с обязательным контролем информационных потоков, передаваемых по специально организованной защищенной компьютерной сети (V2N). Помочь в решении этой задачи могут средства электронного документооборота на основе автономных больших языковых моделей;

- построение программных средств, позволяющих минимизировать потребности в трудовых ресурсах и максимально использующих накопленный архив элементов.

В рамках развития систем предиктивной аналитики ведутся работы по применению технического зрения в направлении V2I, имеющие существенное значение для повышения функциональной безопасности. При этом реализуются принципы этического применения искусственного интеллекта на основе минимизации киберрисков, связанных с фальсификацией обрабатываемых изображений, и развития соответствующей нормативной базы.

Таким образом, общие тенденции обеспечения безопасности функционирования ИТС, не зависящие от вида транспорта и направленные на совершенствование замкнутых контуров управления, основы создания которых заложены в патентах, заключаются в следующем:

- развитии систем сбора и интеллектуального анализа информации, в частности, систем технического зрения и других методов анализа состояния инфраструктуры и выявления возмущающих факторов;

- разработке алгоритмов как централизованного, так и автономного управления ТС;

- построении моделей объектов защиты и угроз безопасности, а также архитектур доверенных ИТС, позволяющих формировать меры защиты, с одной стороны инвариантных к виду транспорта и обладающих свойством масштабирования, а с другой – учитывающих особенности вида транспорта;

- формировании благоприятного и безопасного процесса развития ИТС, предполагающего наличие развитой нормативной базы и среды коллективной разработки программного обеспечения и обмена информацией.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83004826_78561227.pdf

Проектирование беспроводных сетей в пассажирских поездах

Авторы Плеханов П.А., Арнадская Ю.Е.

Беспроводные технологии на железнодорожном транспорте необходимы не только для организации технологической радиосвязи работников и передачи данных управления движением, но также для обеспечения пассажиров привычными услугами подвижной связи, включая доступ в Интернет. Особую актуальность это приобретает с развитием скоростного и высокоскоростного движения, поскольку на высоких скоростях

возникают проблемы из-за эффекта Доплера, быстрых замираний сигнала, частых процедур регистрации в сети и хэндовера, синхронизации и др.

Практика показывает, что российские операторы подвижной связи способны предоставить голосовую связь и доступ в Интернет пассажирам эксплуатируемых сегодня скоростных и высокоскоростных электропоездов. Например, средняя скорость мобильного Интернета в поездах «Сапсан» в движении составляет 12,3 Мбит/с по направлению к абоненту и 8 Мбит/с от абонента, средняя величина задержки сигнала – 97 мс.

Однако, учитывая планы развития высокоскоростных железнодорожных магистралей со скоростями движения до 400 км/ч, для организации пассажирской связи необходимы специальные технические решения, включая использование подвижной связи 5G/6G, спутниковой связи, а также Radio-Ethernet. При этом, помимо формирования радиоканала между движущимся поездом и инфраструктурой, немаловажной задачей является оптимальная организация сети беспроводного доступа для пассажиров в вагонах, в том числе за счет современных технологий беспроводных локальных сетей WLAN (Wireless Local Area Network) Wi-Fi на основе стандартов IEEE 802.11.

По мере развития стандартов появляются новые технологии:

- множественный доступ с ортогональным частотным разделением каналов OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), когда передаваемый символ «расщепляется» и передается по частям при помощи ортогонально разнесенных поднесущих частот;

- антенная система MIMO («Multiple Input – Multiple Output» – «Много входов – Много выходов»), обеспечивающая физическую реализацию множественного доступа с пространственным разделением каналов SDMA (Space Division Multiple Access), когда задействованы несколько передающих и приемных антенн, и радиоканал «раскладывается» на несколько независимых пространственных каналов: чем больше таких каналов, тем пропускная способность радиоканала лучше.

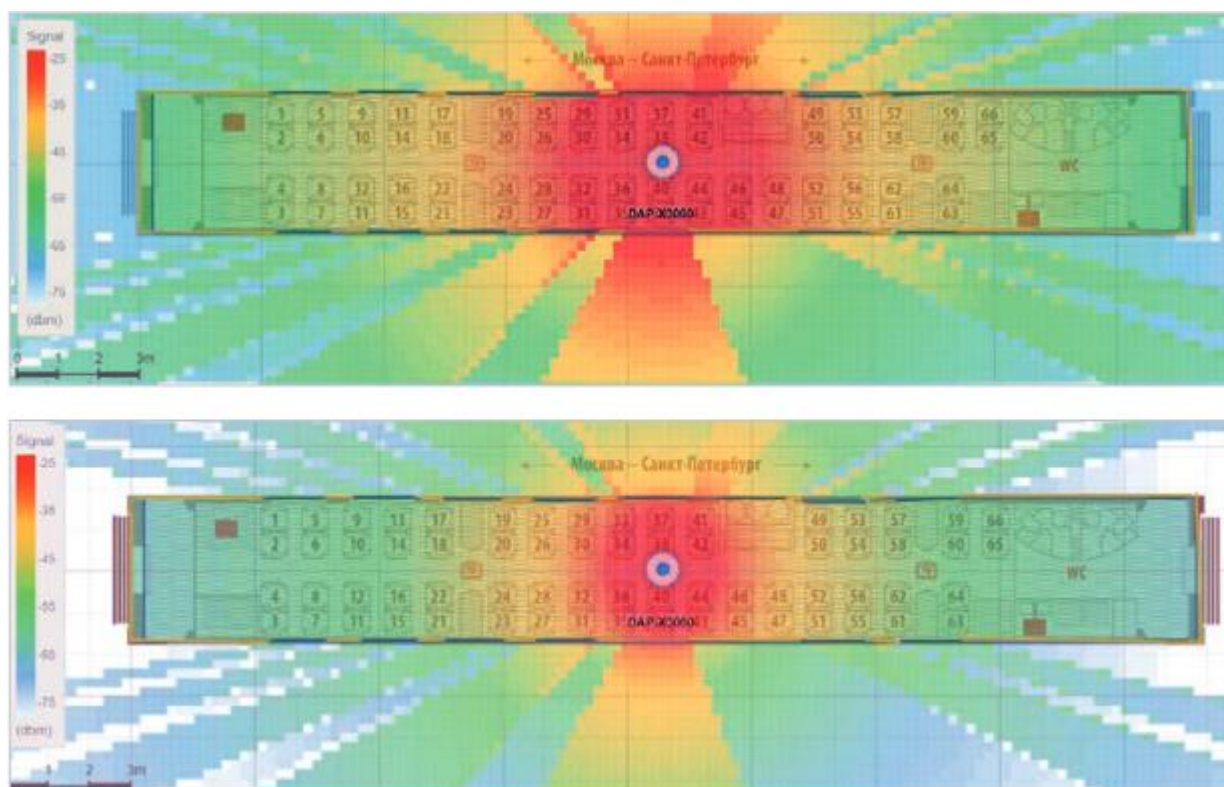
Кроме того, начиная с поколения Wi-Fi 6 для борьбы с помехами используется технология BSS Color (Basic Service Set Color), базирующаяся на «цветовых» метках, которые точки доступа присваивают своим сетям, чтобы отличить их от соседних, работающих в тех же каналах. Заголовки всех передаваемых в своей сети кадров сообщений помечаются своим «цветом». Если пользовательские устройства распознают кадр с этим «цветом», то они идентифицируют его как кадр своей сети и обрабатывают. Если «цвет» другой, то устройства такой кадр игнорируют.

Одним из ключевых этапов проектирования сети беспроводного доступа в пассажирских поездах служит анализ устройств, подключаемых к инфраструктуре пассажирами. Существует несколько подходов к проектированию сетей беспроводного доступа, каждый из которых может быть ориентирован на достижение определенных целей: максимальное расширение зоны покрытия, обеспечение лучшей пропускной способности, а также поиск оптимального соотношения между этими параметрами. При этом

наибольшую практическую значимость представляет комбинированный подход, реализация которого требует предварительного анализа трафика и требований пользователей, что позволяет определить оптимальное количество точек доступа как текущих, так и перспективных потребностей.

Скорость передачи данных, указанная в технических характеристиках устройств беспроводного доступа, представляет собой теоретически максимально возможную и достигается при идеальных условиях работы оборудования. На практике фактическая скорость передачи пользовательского трафика гораздо ниже, что частично обусловлено необходимостью передачи служебной информации, большим числом одновременно работающих пользовательских устройств, их удаленностью от точки доступа, наличием физических препятствий и помехи др. Применение механизмов, обеспечивающих стабильность соединения и защиту данных, также оказывает влияние на итоговую производительность сети беспроводного доступа, снижая ее на 30–50 %.

Таким образом, для определения необходимого количества точек доступа нужно оценить канальное время для пользовательских устройств и используемых приложений.



При проектировании беспроводной сети уровень перекрытия зон обслуживания соседних точек доступа, работающих на неперекрывающихся каналах, определяется целевыми параметрами сети. В случае, если приоритет отдается высокой производительности, перекрытие допускается на уровне сигнала около 67 дБм. Из результатов моделирования видно, что данное

условие при выбранных параметрах и расположении точки доступа выполняется.

Важное значение при проектировании сетей беспроводного доступа имеет обеспечение безопасности (конфиденциальности, целости и доступности) передаваемых информационных сообщений. Одна из наиболее эффективных мер защиты заключается в применении методов шифрования (криптографии), основанных на преобразовании входных данных в выходные при помощи алгоритма, который использует входные данные и ключ в качестве параметра. При этом знание только выходных данных не дает возможности в течение приемлемого времени восстановить входные данные без знания ключа, также невозможно в течение этого времени найти ключ по выходным данным, даже если входные данные известны.

В настоящее время, в стандартах IEEE 802.11 предусмотрено использование технологий шифрования WEP (Wired Equivalent Privacy – «Конфиденциальность как в проводных сетях»), WPA (Wi-Fi Protected Access – «Защищенный доступ Wi-Fi»), WPA2 и WPA3. После этого в 2018 г. была разработана технология WPA3, в которой используются индивидуальное шифрование данных, протокол одновременной аутентификации равных SAE (Simultaneous Authentication of Equals) для создания безопасного «рукопожатия» устройства и точки доступа, а также усиленная защита от атак методом подбора пароля.

Для обеспечения требуемого уровня безопасности беспроводной сети важно знать, какая технология шифрования в ней применяется, поскольку устаревшие протоколы являются более уязвимыми.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83004823_16591470.pdf

Инновационные разработки для ВСМ

Дивизион ЖАТ ГК «Нацпроектстрой» традиционно представил инновационные разработки и высокотехнологичные решения для оптимизации перевозочного процесса на «Международном железнодорожном салоне пространства 1520 «PRO//Движение.Экспо».

В рамках мероприятия посетителям выставки были продемонстрированы перспективные технические решения, среди которых: демонстрационно-обучающий комплекс «Цифровая БСБ», интеллектуальные системы управления движением, цифровая увязка станционной инфраструктуры и локомотива по радиоканалу, испытательный генератор УЗИП, технологическая платформа 2.0, МПЦ-ЭЛ-20, ДЦ-ЭЛ, техническая диагностика ТД-ЭЛ, стенд проверки параметров аппаратуры СЦБ СППА-ЭЛ, светодиодное оборудование, а также промышленные компьютеры линейки LAZARUS.

Рельсовая плита НГП 4.0 используется в строительстве высокоскоростной магистрали ВСМ-1 Москва – Санкт-Петербург в составе системы безбалластного пути. Изготовленная из преднапряженного

железобетона класса В55, W8, F300, плита НПП 4.0 является несущим элементом, обеспечивающим прочность, долговечность и устойчивость железнодорожного полотна к нагрузкам на скоростях до 400 км/ч, адаптирована к российским морозам. Габариты плиты – 5330х2500х200 мм.

Микропроцессорная централизация МПЦ-ЭЛ-20 – российская система, построенная полностью на отечественных компонентах и программном обеспечении. Она соответствует актуальным требованиям по функциональности, надежности и безопасности и является следующим поколением микропроцессорных централизаций. В основу системы МПЦ-ЭЛ-20 легла единая цифровая Платформа 2.0 собственной разработки и производства. Она ускоряет адаптацию и удешевляет внедрение, упрощает техподдержку и обслуживание систем управления в разных отраслях экономики: железнодорожной, энергетической, машиностроительной и др.

Подсистема контроля свободности зоны железнодорожного переезда ПКЗП-ЭЛ предназначена для отслеживания наличия препятствий для движения поезда через железнодорожный переезд. АРМ обеспечивает визуальное и звуковое оповещение персонала о наличии инцидента, формирует отчеты о транспортных средствах, которые осуществляли движение в зоне переезда при запрещающем сигнале светофора, а также ведет учет количества объектов, пересекающих переезд, с формированием статистических отчетов. В случае наличия препятствия на путях в течение заданного промежутка времени формируется тревожный сигнал, который передается на АРМ, речевой информатор, а затем на локомотив.

Автоведение – решение по автоматизации технологий автоведения, разработанное для передачи информации со станции на локомотивы, оборудованные системами автоведения, о вариантном маршрутном прибытии или отправлении поезда на станции. Оно позволяет минимизировать время прибытия/отправления поездов по вариантным маршрутам станции, снизить нагрузку на машинистов локомотивов за счет повышения информированности о состоянии инфраструктуры и маршрутах следования, более полно использовать рекуперативно-реостатное торможение при регулировании скорости по вариантным маршрутам. Для повышения надежности работы передача данных происходит по двум радиоканалам (основному и резервному), построенным на различных принципах и использующих разные радиочастоты.

Автодиспетчер – интеллектуальная система управления процессами перевозок (ИСУПП) с функцией автодиспетчера предназначена для автоматизации и стандартизации процессов диспетчерского управления, а также для решения задач прогнозирования, моделирования и оптимизации движения. Технология ИСУПП позволяет управлять вариантным и прогнозным расписанием движения поездов, выполнять его автоматическую и ручную корректировку, автоматически задавать маршруты согласно прогнозному графику, разрешать конфликты в прогнозном расписании движения поездов, т.е. оптимизировать процесс управления движением

поездов в масштабе отдельных линий и полигонов сети. При этом используются современные технологии, такие как нейронные сети и машинное обучение.

В результате применения цифровых технологий максимально повышается эффективность работы транспортных коридоров, обеспечивается непрерывность и безопасность перевозочного процесса.

Демонстрационно-обучающий комплекс «Цифровая бортовая система безопасности» по системам интервального регулирования движения поездов на базе радиоканала предназначен для локомотивных бригад. Он позволяет разрабатывать различные сценарии и работать в сценарном режиме, моделировать нестандартные ситуации, возможно отображение любых систем организации движения (ПАБ, АБ и др.), интеграция с любой электрической централизацией (МПЦ, РПЦ и др.).



Испытательный генератор для тестирования устройств защиты от импульсных перенапряжений ИГ «ПРОРЫВ УЗИП» тестирует любые УЗИП и выдает конкретные параметры состояния оборудования, тем самым внося весомый вклад в повышение транспортной безопасности на железной дороге.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82819187_20666024.pdf

Композитные шпалы в метрополитенах

Автор Жуковский Е.Г.

В настоящее время в железнодорожной отрасли наблюдается устойчивая тенденция к оптимизации затрат на содержание путевого хозяйства, повышению уровня экологичности материалов для окружающей среды и безопасности условий труда для человека. Особо актуально это в условиях

метрополитенов, где шпалы из традиционных материалов демонстрируют ряд эксплуатационных недостатков, связанных с подверженностью коррозии, гниению и, как следствие, необходимостью проведения трудоемких и экономически затратных ремонтных работ.

Специфика обслуживания метрополитенов, характеризующаяся ограниченным временем на проведение работ и высокой интенсивностью движения поездов, существенно затрудняет регулярную проверку и ремонт путей. Это, в свою очередь, требует разработки и внедрения решений, направленных на оптимизацию трудозатрат, снижение расходов на текущее содержание и ремонт пути, увеличение сроков службы материалов и повышение безопасности движения.

Одним из перспективных решений является использование композитных шпал. Композитные шпалы представляют собой элементы верхнего строения пути, изготавливаемые из повторно использованного в промышленности и производстве пластика без применения химических добавок и антисептических пропиток, которые негативно влияют на состояние окружающей среды и организм человека.



В сравнении с традиционными аналогами композитная шпальная продукция имеет ряд значительных преимуществ, в частности:

- повышенное сопротивление поперечному сдвигу из-за специального текстурирования шпалы с трех сторон;
- сниженную повреждаемость и устойчивость к трещинам;
- повышенную износостойкость;
- стабильность геометрии рельсовой колеи;
- диэлектрические свойства;
- устойчивость к агрессивным средам;
- длительный срок службы; универсальность применения;
- возможность снижения шума и вибрации;
- снижения нагрузки на основание тоннеля за счет сниженного веса;
- отсутствие коррозии крепежных элементов (шурупов, болтов) в теле шпалы;

- переплавка и повторное использование вместо традиционной утилизации;

- при необходимости перешивки по шаблону и ремонтов механических повреждений используется специальная запатентованная двухкомпонентная смесь ДСРШ, позволяющая полностью восстановить крепежные отверстия и повреждения.

В подтверждение надежности композитной шпальной продукции в агрессивной среде и других условиях повышенной сложности содержания были проведены многочисленные испытания.

Системы ЖАТ играют ключевую роль в обеспечении безопасности и эффективности железнодорожных перевозок, позволяя автоматизировать процессы управления движением поездов, контролировать занятость участков пути, предотвращать столкновения и сходы с рельсов. Внедрение современных систем ЖАТ позволяет существенно повысить пропускную способность железнодорожных линий, оптимизировать интервалы между поездами и снизить риск возникновения аварийных ситуаций.

Благодаря технологическим особенностям композитных материалов, установка оборудования возможна в любом месте шпалы и бруса с обязательным предварительным засверливанием под крепежные элементы. Указанные эксплуатационные характеристики композитной шпальной продукции оказывают влияние не только на повышение безопасности и упрощение обслуживания железнодорожного пути, но и, как следствие, обеспечивают существенный экономический эффект.

В контексте развития железнодорожного транспорта особое внимание уделяется минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Применение композитных шпал позволяет снизить экологическую нагрузку по сравнению с традиционными материалами, а также углеродный след на 190 tCO₂ на 1 км пути в течение 50-летнего срока службы. Отсутствие антисептических пропиток в составе шпалы, а также пониженный вес упрощают процессы транспортировки и укладки композитной шпалы.

Результаты проведенного исследования подтверждают высокую эффективность применения композитных шпал в железнодорожной отрасли, в том числе в инфраструктуре метрополитенов. Анализ прочностных характеристик показал, что композитные шпалы обладают повышенной механической прочностью и долговечностью по сравнению с традиционными аналогами. Их устойчивость к влаге, агрессивным средам и биологическим факторам обеспечивает надежность эксплуатации на протяжении всего срока службы. Расчеты эксплуатационных и экономических показателей демонстрируют значительные преимущества композитных шпал. В частности, снижение затрат на техническое обслуживание, увеличение межремонтных интервалов создают устойчивую экономическую эффективность их применения.

Дополнительным плюсом является возможность полной переработки материала, что обеспечивает 100 % -ную утилизацию и позволяет значительно

сократить экологический след. Композитные шпалы также обеспечивают надежное крепление приборов системы ЖАТ, что важно для обеспечения безопасности движения поездов и стабильной работы всей инфраструктуры.

Таким образом, внедрение данной продукции представляет собой перспективное направление развития и модернизации железнодорожного транспорта, обеспечивая как экономическую эффективность, так и экологическую устойчивость отрасли.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82819195_29581429.pdf

Защита систем ЖАТ от преднамеренного воздействия

Авторы Бочков К.А., Комнатный Д.В.

Обострившаяся международная обстановка, возросшая террористическая опасность заставляют специалистов по электромагнитной совместимости, функциональной и информационной безопасности уделять особое внимание проблеме защиты критически важных объектов от электромагнитных импульсов преднамеренного воздействия.

На сегодняшний день наиболее актуальным является вопрос защиты микроэлектронных систем управления, ответственных за технологические процессы на железнодорожном транспорте. Широкое применение современной быстродействующей микроэлектронной базы в аппаратно-программных комплексах систем ЖАТ повышает их восприимчивость к электромагнитным импульсным помехам. При этом развитие современных технологий позволяет создавать малогабаритные источники ЭИПВ, воздействие которых с малого расстояния может приводить микроэлектронные системы ЖАТ к сбоям и отказам, нарушающим условия обеспечения безопасности движения поездов.

Системы ЖАТ обладают некоторыми особенностями, усложняющими их защиту от ЭИПВ. Во-первых, они являются распределенными, многоуровневыми, поэтому имеют множество точек возможного преднамеренного воздействия. Во-вторых, воздействию подвержено оборудование систем ЖАТ может осуществляться по свободному пространству, что гораздо проще организовать, чем воздействовать по интерфейсным линиям и цепям электропитания.

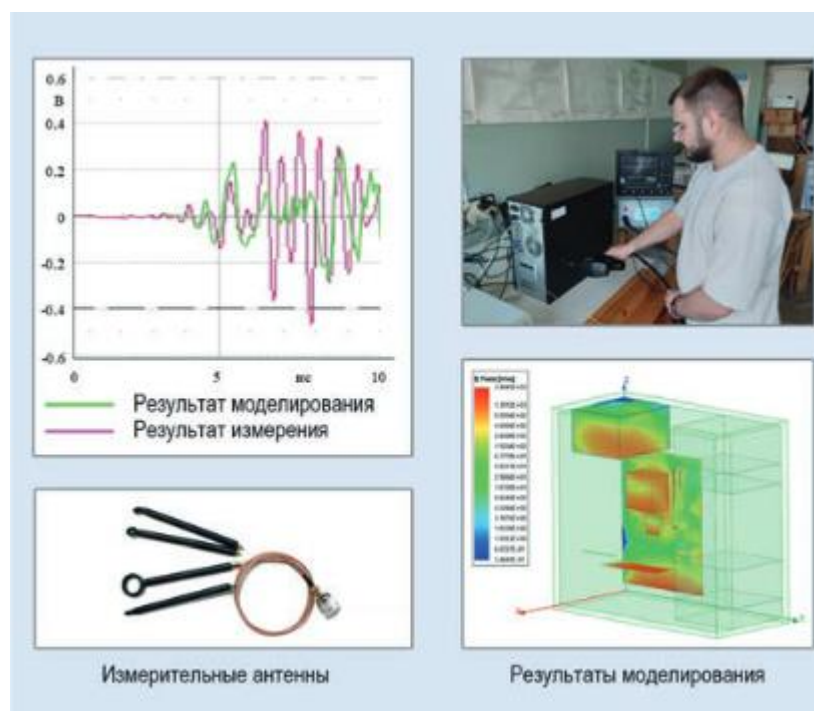
Методы анализа и прогнозирования устойчивости МСЖАТ к ЭИПВ могут быть экспериментальными, расчетно-аналитическими на основе компьютерного моделирования. Экспериментальные методы основаны на физическом моделировании и требуют зачастую уникального испытательного оборудования, а тестируемая аппаратура, подвергаясь испытаниям, может получить необратимые повреждения.

Методы компьютерного моделирования используют достаточно сложные математические модели, реализация которых требует разработки сложных программных комплексов. Компьютерное математическое моделирование численными методами конечных элементов имеет следующие

недостатки: внутренние ограничения сходимости и устойчивости, в программах третьих производителей не декларируются ограничения заложенных ими методов, требуются существенные затраты времени на разработку адекватной модели внутреннего расположения микросистемных блоков и связи между ними внутри корпуса. При этом видно, что эксперимент дает более достоверный результат. Экспериментально можно зафиксировать значение характеристик импульса (напряжение) электростатического разряда, при котором произошел сбой или отказ в работе.

Для сокращения сроков испытания и анализа устойчивости к ЭИПВ, потребности в дорогостоящих и зачастую уникальных испытательных генераторах, а также для исключения разрушающих испытаний в НИЛ «БЭМС ТС» разработана математическая модель для анализа и прогнозирования устойчивости МСЖАТ к ЭИПВ.

Модель основана на сопоставлении импульсов напряжения от электростатического разряда и напряжения от ЭИПВ.



При разработке новых образцов МСЖАТ описанная в статье модель преднамеренного воздействия дает возможность прогноза устойчивости аппаратуры к ЭИПВ и оценки достигнутого уровня защиты, а также выработки требований к конструкции зданий для размещения оборудования и организации радиусов защиты.

Разработанная математическая модель анализа и прогнозирования устойчивости МСЖАТ к ЭИПВ позволяет решить актуальные проблемы, возникающие при внедрении микропроцессорных систем на железных дорогах. Ее достоинство заключается в использовании доступного оборудования, хорошо отработанных процедур испытаний, отсутствии необходимости в разрушающих испытаниях. Модель реализует подход

сопоставления ЭСР и ЭИПВ аналитическими методами, упомянутыми в стандарте IEC 61000-4-36, поэтому она имеет существенные преимущества и может найти применение в практике работы организаций разработчиков и эксплуатационников МСЖАТ.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82819194_75559213.pdf

Мониторинг инфраструктуры на основе искусственного интеллекта

Автор Сацюк А.В.

Безопасность и надежность функционирования железнодорожного транспорта имеет первостепенное значение для экономики и общества. Вместе с тем железнодорожная инфраструктура подвержена некоторым рискам и угрозам, включая несанкционированные проникновения злоумышленников на разные объекты, хищение оборудования, особенно на удаленных сигнальных установках и др. При этом хищения могут приводить не только к прямым финансовым убыткам, но и к нарушению нормально работы железнодорожной сети. В Донецком институте железнодорожного транспорта начата разработка системы автоматизированного мониторинга на базе высокопроизводительных микрокомпьютеров с нейропроцессорными ускорителями, оснащенных видеокамерами и интеллектуальным алгоритмом анализа изображений.

Система предназначена для комплексного контроля заданных периметров на критически важных участках железнодорожной инфраструктуры. Она обеспечивает раннее обнаружение несанкционированного доступа и попыток хищения, что способствует сохранности оборудования и, кроме того, повышает безопасность движения благодаря своевременному выявлению ситуаций, угрожающих жизни и здоровью участников движения как на переездах, так и вблизи железнодорожных путей. Предлагаемая система имеет следующие преимущества: непрерывный постоянный мониторинг, высокую скорость обработки данных, возможность распознавания сценариев угроз, автоматическую фиксацию инцидентов, а также гибкость и масштабируемость, позволяющие наращивать функционали адаптировать систему к новым задачам и требованиям.

Система мониторинга железнодорожной инфраструктуры представляет собой распределенную сеть автономных устройств круглосуточного контроля критически важных участков. Каждое из них состоит из блока обработки и анализа данных, где в качестве вычислительной платформы используется высокопроизводительный микрокомпьютер, оснащенный нейропроцессорным ускорителем. Такой узел обеспечивает аппаратное ускорение операций, связанных с обработкой изображений и нейросетевым анализом, что позволяет выполнять распознавание объектов и событий в режиме реального времени.

Объем оперативной памяти составляет 16 ГБ, что дает возможность обработки больших объемов данных и хранения промежуточных результатов при работе сложных алгоритмов машинного обучения.



Принцип работы системы заключается в следующем. Камера ведет непрерывную видеосъемку контролируемого участка. Видеопоток поступает в блок обработки и анализа данных, где на первом этапе выполняется предварительная обработка изображения, включающая в себя коррекцию искажений, шумоподавление и нормализацию. На втором этапе осуществляется детектирование объектов в кадре с использованием предварительно обученной нейронной сети, которая распознает различные объекты, также определяет их положение и траекторию движения. На третьем этапе производится анализ поведения обнаруженных объектов с помощью алгоритма отслеживания движения. Он позволяет определять скорость, направление и время нахождения объектов в заданной зоне. Если поведение объекта соответствует критериям потенциальной угрозы (например, человек находится вблизи сигнальной установки дольше заданного времени), система генерирует и отправляет тревожное сообщение в диспетчерский центр по оптическому каналу связи. Одновременно с этим с момента обнаружения подозрительной активности начинается видеозапись. Она сохраняется в локальном хранилище данных и может быть использована для последующего анализа.

Особое внимание уделяется применению системы на железнодорожных переездах. В случае возникновения аварийной ситуации, например, застревания автомобиля на переезде или дорожно-транспортного происшествия, система автоматически обнаруживает инцидент и формирует тревожное сообщение для диспетчерского центра. При этом система сохраняет видеофайл инцидента и производит запись основной информации, включая марку и номер автомобиля, а также данные о времени и координатах происшествия. Данная информация может быть передана в органы ГИБДД для оперативного реагирования и расследования обстоятельств происшествия.

Программное обеспечение реализовано на базе операционной системы Linux.



Подводя итог, можно сказать, что предложенная система способна эффективно решать много важных задач. Она позволяет оперативно реагировать на возникновение аварийных ситуаций, например, при застревании транспортных средств на переездах, что снижает вероятность возникновения трагических последствий. Система обеспечивает автоматическую фиксацию и документирование инцидентов, включая запись видеоматериала и детальную информацию об объектах, участвующих в происшествии. Данная информация может быть использована для анализа причин инцидентов, а также для последующего взаимодействия с правоохранительными органами.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82819199_35581338.pdf

Новый вагон-хоппер для зерна повышенного объема и увеличенной грузоподъемности

Авторы Перетертов В.Г., Орлова А.М.

Важную часть производственной линейки ПАО «НПК ОВК» составляют вагоны-хопперы для зерна, такие как вагон модели 19-9870-01 с объёмом кузова 101 м³ и модель 19-9549 с объёмом кузова 120 м³.

В 2025 г. завершилась постановка на производство нового вагона-хоппера для зерна модели 19-9592 с объёмом кузова 127 м³. Все вагоны данной линейки установлены на инновационные тележки модели 19-9855 с нагрузкой на ось 25,0 тс, подтвердившие свою надёжность в эксплуатации.



Объём вагона модели 19-9592 увеличен на 7 м³, а грузоподъёмность увеличена на 0,2 т по сравнению с вагоном-аналогом модели 19-9549. Увеличение объёма кузова вагона модели 19-9592 обеспечил оповышение эффективности для перевозки широкой номенклатуры зерновых и сельскохозяйственных грузов, в том числе легковесных с насыпной плотностью около 0,60 – 0,65 т/м³. Такие показатели, как отношение объёма кузова к коэффициенту тары, погонный полезный объём, объём груза в составе поезда из 71-го условного вагона для вагона модели 19-9592 являются самыми высокими среди аналогов со стальными кузовами, что свидетельствует о наилучшей вместимости кузова при высокой грузоподъёмности.

Вагон установлен на инновационные двухосные тележки модели 18-9855, тип 3ГОСТ 9246 с нагрузкой на ось 25,0 тс, которые имеют хорошо отработанную по результатам почти 15-летней эксплуатации конструкцию, обладающую высокой надёжностью. Вагон оборудован типовыми автосцепными устройствами с автосцепкой СА-3 с нижним ограничителем вертикальных перемещений и расцепным приводом с блокировочной цепью, поглощающими аппаратами класса Т1 по ГОСТ 32913.

В вагоне применяются тормозная система с раздельным потележечным торможением по ГОСТ 34434 (пневматическая автоматическая), стояночный тормоз по ГОСТ 32880. Благодаря применению апробированной конструкции тележек, автотормозного и автосцепного оборудования с увеличенными межремонтными периодами повышены межремонтные интервалы вагона до 800 тыс. км или 8 лет, которые в несколько раз уменьшают количество плановых видов ремонта и время простоя вагонов при их проведении.

Вагон модели 19-9592 имеет традиционную конструкцию цельнометаллического стального сварного кузова с вертикальными стойками снаружи вагона. Цельнометаллический сварной кузов выполнен из стали 09Г2С, с плоской обшивкой. Это является его преимуществом в сравнении с моделями вагонов, где стойки боковой стены расположены внутри кузова. Гладкий кузов внутри способствует быстрому и качественному процессу разгрузки, снижению коррозии.



Вагон-хоппер модели 19-9592 характеризует новый уровень развития отечественного вагоностроения, позволяет гарантировать эффективную перевозку более 70 наименований грузов, в том числе увеличить фактическую погрузку зернопродуктов с насыпной плотностью 0,6 – 0,65 т/м³. Вагон-хоппер имеет лучшее сочетание массы и объема перевозимого груза: 76,2 т (+0,2 т к аналогу) и 127 м³ (+7 м³). Улучшенные объём и грузоподъёмность обеспечивают дополнительную перевозку в поезде дополнительно до 469 м³ и до 380 т груза по сравнению с составом из аналогов с осевой нагрузкой 23,5 тс. Экономия на тарифе составит от 200 до 260 тыс. руб. в год на 1 вагон (в зависимости от маршрута и груза). При этом габариты вагона-хоппера по высоте и ширине, размеры погрузочных люков и разгрузочных бункеров позволяют осуществлять его погрузку/разгрузку на существующих терминалах. Срок службы вагона составляет 32 года.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82964679_19384744.pdf

Будущее железнодорожного транспорта: как РЖД внедряет предиктивную аналитику для предотвращения аварий

Автор Гондоров В.А.

На сети РЖД внедрён широкий спектр средств диагностики подвижного состава на ходу поезда. На базе получаемой информации эксплуатируется комплекс предиктивной аналитики технического состояния грузовых вагонов, позволяющий ежегодно обнаруживать десятки тысяч дефектов, развитие которых могло привести к авариям. Сегодня назрела необходимость его модернизации. Эксплуатируемые устройства контролируют различные параметры подвижного состава. Между тем далеко не всякий обнаруженный дефект требует отцепки вагона.

Основная часть неисправностей находится в стадии зарождения и развития, при которой возможна дальнейшая эксплуатация. Важно знать, как поведут себя дефекты и когда можно ожидать от них опасности, чтобы направить подвижной состав в сервис. Поэтому диагностические данные становятся основой для формирования модели предиктивной аналитики технического состояния грузовых вагонов.

Показания всех средств диагностики собираются в автоматизированной системе контроля подвижного состава (АСК ПС) и системе комплексного оперативного контроля технического состояния подвижного состава по показаниям систем диагностики (СКАТ). Вся эта информация обогащается данными об отказах грузовых вагонов из комплексной автоматизированной системы учёта, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надёжности (КАСАНТ).



Весь массив поступает в единую комплексную систему управления вагонным хозяйством (ЕК АСУВ), где формируется модель предиктивного состояния. Сегодня уже реализованы алгоритмы по определению предиктивного состояния буксового узла, толщины гребней и обода колёс, вагона в целом.

Управлением вагонного хозяйства инициированы работы по модернизации комплекса предиктивной аналитики с целью улучшения его прогнозных показателей. Например, в ЕК АСУВ из-за ограничений в мощности передаётся сравнительно небольшой объём проводимых диагностикой измерений, что не позволяет осуществлять прогнозирование с достаточной достоверностью. Решать эту проблему предлагается за счёт внедрения алгоритмов предварительной обработки информации для

формирования критериев безотказной модели на линейных постах контроля, чтобы на центральный уровень, в ЕК АСУВ, передавать уже обработанные данные, требующие меньших ресурсов для анализа в сравнении с исходной информацией. Такой подход позволит увеличить достоверность идентификации вагонов в ЕК АСУВ.

Повышению точности прогноза будет способствовать и обработка косвенных параметров, таких как скорость движения, температура окружающего воздуха, которые влияют на работу вагона и необходимы для объективной оценки показаний средств диагностики. Внесение изменений в архитектуру предотказной аналитики предполагает применение технологий искусственного интеллекта, увеличивающих скорость и точность прогнозов.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82964677_48756692.pdf

Перспективы использования ИИ-технологий в целях повышения энергоэффективности прогнозных графиков движения поездов

Авторы Кирякин В.Ю., Лобанов С.В.

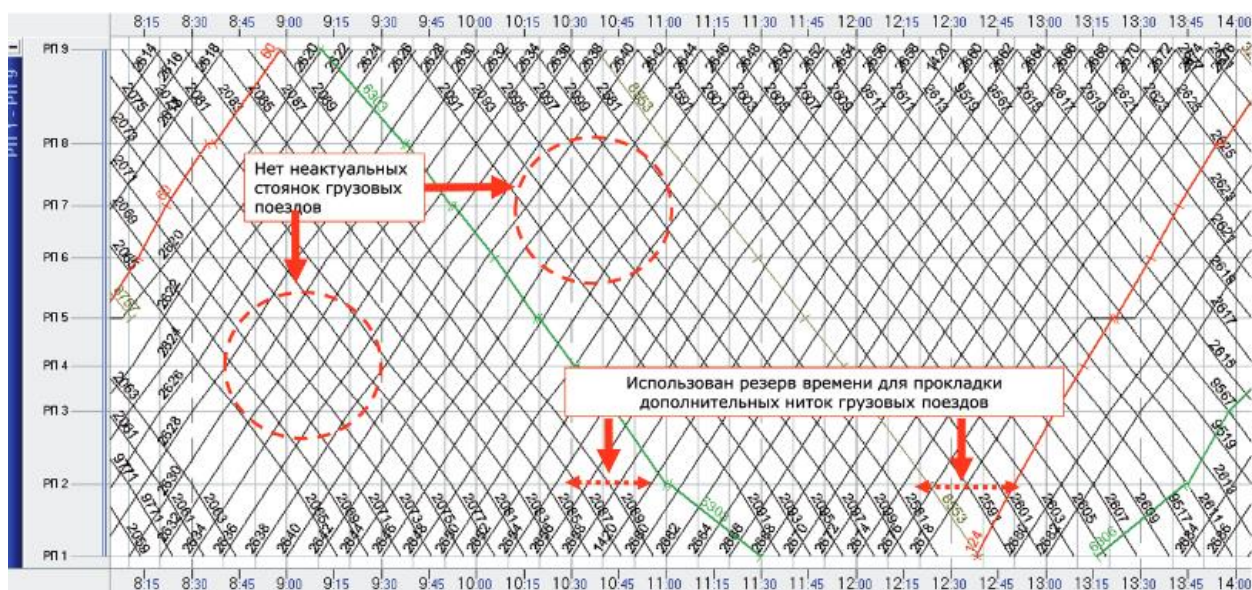
Искусственный интеллект (ИИ) является важным инструментом в организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте, предлагающим новые решения для сложных задач, которые раньше требовали исключительно человеческого участия, например, задачи построения бесконфликтного графика движения поездов, где нужно учитывать множество факторов и быстро реагировать на изменения.

Стремительное развитие методов машинного обучения, в том числе с использованием нейронных сетей, при возрастающей мощности вычислительных систем открыло новые перспективы решения задач, которые не могли быть решены классическими детерминированными методами по причине недостаточного понимания закономерностей исследуемых процессов и объектов.

Однако классические детерминированные алгоритмы по-прежнему незаменимы там, где требуются строгое логическое обоснование и возможность оперативной корректировки решений. Подобный подход лежит в основе проектирования аппаратно-программных комплексов (АПК), таких как АПК ЭЛЬБРУС. При построении прогнозных графиков движения (ПГДП) поездов решается многокритериальная задача, учитывающая ряд противоречивых требований, например, повышения скорости движения поездов и снижения расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на тягу поездов.

На железнодорожных направлениях, где исчерпана пропускная способность, при построении графиков движения поездов основным критерием является обеспечение требуемых размеров движения поездов с учетом проведения технологических «окон». При этом вопрос минимизации топливно-энергетических расходов на тягу поездов актуален на всех

направлениях сети железных дорог, и эффективным способом его решения является организация движения поездов по энергооптимальным расписаниям.



В подсистеме энергооптимизации графиков АПК ЭЛЬБРУС используются детерминированные алгоритмы энергооптимальных тяговых расчетов, реализованных с учетом разработки и эксплуатации АС «Энергограф».

В настоящий момент в рамках развития ЭЛЬБРУС-М проводится автоматизация положений «Методики факторного анализа для определения причин невыполнения значений участковой скорости». Методика включает в себя регрессионный анализ выборки данных, основанный на показателях графиков исполненного движения и прогнозных, а также специально построенных модельных графиков с учетом воздействий различных факторов на движение поездов.

Автоматическое формирование модельных графиков будет выполняться с использованием функционала рабочего места системы, реализованного на основе алгоритмов автоматического построения графиков АПК ЭЛЬБРУС. Синтетическая выборка данных, состоящая из рассчитанных модельных графиков, позволяет достичь требуемой репрезентативности с учетом большого числа параметров, описывающих воздействующиена движение поездов факторы, их сложных причинно-следственных связей, временных задержек между воздействием и его результатом.

В модельных графиках движения поездов последовательно воспроизводятся все действующие факторы, выявленные в графиках исполненного движения. Для выявления факторов, которые не были зафиксированы каких-либо автоматизированных системах, в дополнение к детерминированным алгоритмам планируется использование методов машинного обучения. Действующие факторы воспроизводятся в различных вариантах во всех возможных сочетаниях для обеспечения максимальной

репрезентативности синтетической выборки и получения результатов, учитывающих их совместное воздействие.



Для рационального планирования такого моделирования также запланировано использование решений, включающих в себя методы машинного обучения. Предполагается применение данного подхода для факторного анализа причин невыполнения не только участковой скорости, но и других планируемых показателей, в том числе энергопотребления, заложенного в прогнозных графиках движения поездов.

Описанный подход позволяет не только анализировать фактические отклонения показателя энергопотребления от минимальных значений, но и прогнозировать их с учетом планируемых поездопотоков, «окон» и ограничений скорости, а также прочих факторов, действующих на каждом участке.

Следует отметить, что необходимо разумно сочетать использование ИИ-технологий и классических подходов к решению задач. Поэтому ИИ-технологии в АПК ЭЛЬБРУС и ЭЛЬБРУС-М предполагается применять только для определенных групп задач, где они наиболее эффективны.

В АПК ЭЛЬБРУС это задача автоматической конфигурации системы построения прогнозных графиков движения поездов для условий, действующих на конкретном железнодорожном участке. Конфигурация будет выполняться на основе обработки упоминавшейся базы данных о действиях пользователей при построении ПГДП, для создания которой используется функционал подсистемы интеллектуального построения ГДП. При этом задача автоматического построения ПГДП решается с использованием классических детерминированных методов.

В макромоделе ЭЛЬБРУС-М планируется использование ИИ-технологий в подсистеме факторного анализа для определения причин невыполнения значений участковой скорости.

Использование ИИ-технологий позволит выявлять дополнительные факторы, которые не определены в ходе статистического анализа имеющихся данных и численного моделирования.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83160098_51424996.pdf

Энергией обеспечивает солнце

ПАО «ТрансКонтейнер» на объектах своей терминальной сети намерено широко использовать новые источники энергии. Так, на терминале компании на станции Ростов-Товарный Северо-Кавказской железной дороги начала в пилотном режиме функционировать солнечная электростанция. Работа по ее созданию выполнена в рамках заключенного в ноябре 2023 г. соглашения между ПАО «ТрансКонтейнер» и ООО «Юнигрин Энерджи» – крупнейшей частной российской компанией в области возобновляемой энергетики. Проект нацелен на повышение энерго-эффективности, сокращение выбросов углекислого газа и уменьшение операционных затрат ПАО «ТрансКонтейнер». Партнерами были совместно разработаны технические требования и решения для объектов солнечной энергетики, ориентированные на использование отечественных солнечных модулей.

Созданная общими усилиями сетевая электростанция мощностью 63 кВт вырабатывает до 30 % всей необходимой терминалу электроэнергии.



По расчетам специалистов, использование солнечных батарей сократит выбросы углекислого газа в атмосферу на 25 т в год. Солнечная установка экономична, отличается простотой в эксплуатации и обслуживании. По результатам ее опытной эксплуатации анализа показателей окупаемости будет принято решение о внедрении аналогичных электростанций на других терминалах. Рассматривается также возможность использования для выработки электроэнергии инновационных гибридных ветро-солнечных установок.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83160101_63335549.pdf

Флекситанк для 40 – футовых контейнеров

Транспортная группа FESCO разработала собственную модель флекситанка. Подготовлены также местные технические условия по размещению и креплению герметичного вкладыша в контейнерах, которые утверждены Центром фирменного транспортного обслуживания – филиалом ОАО «РЖД». Флекситанк, представляющий собой эластичную полимерную емкость объемом от 24 тыс. до 28 тыс. л, предназначен для перевозки неопасных наливных грузов, в том числе пищевой продукции, в 40-футовых контейнерах. Он изготовлен из гибкого полимерного материала, устойчивого к воздействию окружающей среды.



Особенностью флекситанка FESCO является многослойная структура оболочки с разными характеристиками слоев, что улучшает ее изоляционные свойства и защищенность от протечек, позволяет сохранять целостность вкладыша при транспортировке. Кроме того, благодаря специальным усиливающим вставкам обеспечиваются повышенная механическая прочность и стойкость вкладыша к деформациям в процессе перевозки. Увеличенный объем флекситанка дает грузоотправителям дополнительную экономию за счет меньшей стоимости перевозки в расчете на 1 т груза.



Так как 40-футовые контейнеры составляют более 80 % парка FESCO, новая разработка позволит ей увеличить объем и частоту перевозок наливных грузов как внутри страны, так и на международных направлениях, расширить географию таких отправок.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83160101_63335549.pdf

Структурирование данных об «окнах» в АС АПВО-2

Авторы Островский Я.Н., Жижина Л.А.

Автоматизация процессов, в том числе и на железнодорожном транспорте, имеет богатую историю и продолжает активно развиваться. На современном этапе возникают задачи, требующие обработки больших объемов данных и выявления скрытых закономерностей, помогающие принимать решения в условиях неопределенности. Решить такие задачи помогает внедрение искусственного интеллекта (ИИ). Рассмотрим возможность повышения качества принимаемых решений при планировании и проведении «окон».

Одним из ключевых отличий АС АПВО-2 является поддержка модели совмещенных «окон». Теперь в службу движения для разработки вариантного графика движения поездов (ВГДП), а также поездным диспетчерам для исполнения направляются не разрозненные, а аккумулированные в едином окне заявки отразличных служб, которые сформированы в соответствии с решениями территориальных или региональных комиссий. Кроме того, обеспечивается подача заявок на локомотивы и путевые машины с формализованным маршрутом следования на «окно» и посленного, что позволяет учитывать нитки хозяйственных поездов при разработке вариантного графика движения поездов в смежных системах ВГДП ИСУЖТ и АПК ЭЛЬБРУС.

Снизить влияние риска невыполнения «окна» поможет заблаговременная оценка вероятности его наступления с помощью будущей интеллектуальной экспертной системы – компьютерной программы с применением искусственного интеллекта (ИИ), помогающей пользователям анализировать ситуации, давать рекомендации и принимать обоснованные решения там, где требуются глубокие знания и опыт.

Основным условием эффективного использования экспертных систем служит прежде всего качество базы знаний (БЗ) и только потом – методы обработки информации. Накопленная информация об «окнах» и разработанных алгоритмах, задающих порядок действий, – это один из основных источников информации будущей БЗ. Дополнительными могут служить: внешние источники данных о погоде; данные из смежных систем и протоколы выполнения алгоритмов взаимодействия с ними; человеческий фактор, зафиксированный как последовательность выполнения операций; другие исторические и статистические данные о предметной области, полученные в результате наблюдений, экспериментов, анализа архивных

записей или сбора информации из различных открытых источников, таких как научные публикации, отчеты и др.

«Окна» планируются в точках пересечения интересов, связанных с организацией перевозочного процесса и работ на инфраструктуре. В связи с этим субъект «Окно» представляет собой сложную, многоуровневую структуру, требующую специальных подходов к хранению, изменению и дальнейшему решению задач выбора, оптимизации и обработки данных для превращения накопленных знаний в аналитическую информацию, доступную каждому потребителю отчетности об «окнах».

Углубляясь в особенности предметной области и анализируя накопленные данные, можно находить дополнительные параметры для проектирования БЗ будущей экспертной системы с применением технологий искусственного интеллекта. База знаний создаст основу для понимания предмета «Окно», обеспечит структуру данных и сформулирует требования к обучению. Модели ИИ будут использовать предоставленную информацию для формирования эффективных алгоритмов принятия решений.

Чтобы успешно обучить модель ИИ, нужен соответствующий обучающий набор, который будет представлять собой заранее обработанную совокупность данных об «окнах». Подход к структурированию знаний о процессах планирования «окон» в АС АПВО-2 представляет собой интуитивно понятный способ организации данных и процессов, что особенно важно для дальнейшего развития, в том числе путем реализации экспертной системы. Исходя из этого, можно сделать вывод, что проект вполне реализуем.

В заключение хотелось бы отметить тот факт, что использование объектно ориентированного подхода при структурировании данных в АС АПВО-2 и их пополнение пользователями в процессе эксплуатации системы позволят создать устойчивые алгоритмы, способные точно обрабатывать входные данные и быстро адаптироваться под изменения ситуации. А учет глубокого профессионального опыта специалистов различных сфер деятельности ОАО «РЖД» при разработке экспертной системы сделает ее действительно полезной.

Внедрение такой системы будет способствовать повышению качества и эффективности не только планирования «окон», но и ряда смежных бизнес-процессов.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83160103_69908120.pdf

Сертификат подтвержден

Тверской вагоностроительный завод получил подтверждение сертификата соответствия требованиям Технического регламента Таможенного союза от 2024 г. для модернизированной модели двухэтажного вагона с местами для сидения 61-4492. Вагоны модернизированной модели предназначены для использования в составе фирменного поезда «Буревестник», который будет курсировать между Москвой и Нижним

Новгородом. В отличие от вагонов предшествующей модификации, которые эксплуатируются в составе курсирующего между Москвой и Санкт-Петербургом фирменного поезда «Аврора», в каждом из них установлен дополнительный (третий) туалетный блок, а инновационная подсветка «звездное небо» выполнена в вагонах не только 1-го, но и 2-го класса. Вагоны со стандартной компоновкой пассажирских салонов (2-го класса) имеют 104 места для сидения, с улучшенной (1-го класса) – 60. Допускается скорость движения до 160 км/ч. Все пассажирские кресла оснащены современными розетками и разъемами USB и Type-C. Интерьер вагонов оформлен в серых, бежевых и светлозеленых тонах, создающих уютную атмосферу. Фирменный стиль поезда воплощен в уникальном экстерьере: ливрея сочетает зеленый и серый цвета с изящным росчерком, напоминающим силуэт птицы. Этот элемент дизайна отсылает к историческому предшественнику нового поезда – одноэтажному поезду «Буревестник», который связывал Москву и Нижний Новгород начиная с 1960-х годов. Он ушел с маршрута в 1993 г., но в 2002 г. вернулся в обновленном виде с вагонами производства ТВЗ. В 2014 г. и этот поезд был выведен из эксплуатации.



В современные двухэтажные составы «Буревестника» войдут вагоны с местами для сидения, вагон СВ, вагон-ресторан и купейный штабной вагон. Дизайн всех вагонов будет выполнен в едином стиле. Начало эксплуатации намечено на декабрь 2025 г.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83160106_55797555.pdf

Сертифицирована новая модель

Компания RM Rail, один из ведущих российских производителей грузового подвижного состава, получила сертификат соответствия Регистра сертификации на федеральном железнодорожном транспорте на вагон-цистерну для перевозки нефтепродуктов модели 15-3209. Грузоподъемность

модели – 74,5 т (+1,2 т в сравнении с типовыми аналогами), объем котла – 89,4 м³ (+1,4 м³), масса тары уменьшена до 25,5 т.

Использованы разработанные RM Rail инновационные тележки модели 18-9891, допускающие статическую нагрузку от колесной пары на рельсы 25 тс. Заявленный срок службы вагона-цистерны – 32 года. По совокупности ключевых технико-эксплуатационных параметров модель 15-3209 является лучшей в сегменте четырехосных вагонов-цистерн. Она имеет ряд преимуществ при транспортировке грузов различной плотности. В случае грузов плотностью до 0,8 т/м³ (легкие грузы) увеличенный объем котла позволяет дополнительно перевозить от 1,4 до 3,7 т. Возможность перевозки грузов плотностью до 1,04 т/м³ (тяжелые грузы) расширяет номенклатуру доступных для транспортировки светлых и темных нефтепродуктов, не требующих подогрева.



Наибольшая эффективность достигается при перевозке грузов плотностью от 0,83 т/м³ (а таковых 78 % от общего объема транспортируемых нефтепродуктов): благодаря увеличенной грузоподъемности вагона-цистерны дополнительно можно перевезти от 1,2 до 8,5 т.

Еще одно преимущество модели – высокая погонная нагрузка нетто. В сравнении с существующими вагонами на тележках, допускающих нагрузку от колесной пары на рельсы 25 тс, модель 15-3209 может перевезти больше груза в составе поезда как по объему, так и по массе. Широкой общественности модель 15-3209 была представлена в этом году на Международном железнодорожном салоне пространства 1520 «PRO//Движение.ЭКСПО» в Санкт-Петербурге, где получила высокие оценки экспертов и потенциальных потребителей.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83160106_55797555.pdf

Испытания начались

Построенный на Брянском машиностроительном заводе новый грузопассажирский тепловоз ТЭ26-0002 успешно завершил опытный пробег. Тепловоз серии ТЭ26 – односекционный универсальный локомотив, который способен возить грузовые, грузопассажирские и пассажирские составы.

В настоящее время изготовлены два опытных образца № 0001 и 0002. Первый был представлен в этом году на Международном железнодорожном салоне пространства 1520 «PRO//Движение.Экспо» в Санкт-Петербурге.



Испытания второго проводились в течение месяца на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» в Щербинке. Локомотив прошел с грузовым составом более 5000 км, успешно подтвердив заявленные технические характеристики. Не было выявлено отказов и неисправностей, которые могли бы привести к нарушениям в поездной работе.

В соответствии с рекомендациями комиссии по предварительным испытаниям конструкторской документации на тепловоз серии ТЭ26 была присвоена литера «О», подтверждающая, что предварительные испытания прошли успешно. Теперь предстоят приемочные и сертификационные испытания, которые тепловозы № 0001 и 0002 будут проходить параллельно. Испытания проведет АО «Научно-исследовательский конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ», г. Коломна).

Предполагается, что тепловозы серии ТЭ26, способные работать по системе многих единиц, заменят широко распространенные на сети и уже практически исчерпавшие свой ресурс тепловозы серий М62, 2М62, 2М62У и 3М62У.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83160106_55797555.pdf

В Китае введена в эксплуатацию новая ВСМ, внедрены прорывные беспилотные и зеленые технологии

Железные дороги Китая продолжают наращивать протяженность сети высокоскоростных магистралей (ВСМ), активизируют разработку и внедрение прорывных беспилотных и зеленых технологий. В конце сентября текущего года на северо-востоке Китая введена в эксплуатацию новая ВСМ длиной около 430 км с десятью станциями, рассчитанная на скорость движения 350 км/ч. Она соединила станцию Шэньян-Северный в столице провинции Ляонини станцию Чанбайшань в провинции Гирин. Сооружение линии началось в июле 2021 г. и велось в сложных геологических условиях, а в зимний период – при экстремально низких температурах. Трасса ВСМ пересекает зону вечной мерзлоты и горный массив, на искусственные сооружения приходится 77 % ее длины. Построены 179 мостов и 85 тоннелей, в том числе туннель Синь-бинь, длина которого превышает 10 км, создано 36 экодуков для прохода диких животных.

В ходе работ строители столкнулись с крайне неблагоприятными геологическими условиями, такими как разломы и трещины горных пород. Приходилось постоянно использовать георадары и геосейсмические методы, а перед проходкой каждого последующего участка проводить разведочное бурение и отбирать образцы пород для исследования. Сооружение высокоскоростной магистрали позволило почти на 1,5 ч (до 4 ч 33 мин) сократить время в пути от Пекина до национального парка Чанбайшань, где расположены почти 70 известных в Китае горнолыжных курортов.

Для удобства пассажиров в поездах, следующих до пунктов назначения в горах Чанбайшань, предусмотрено дополнительное пространство между сиденьями для перевозки лыж. Вагоны оснащены интеллектуальной системой климат-контроля, обеспечивающей комфортные условия в салоне.

Важным событием для железных дорог Китая, стала презентация в Циндао самого быстрого в мире беспилотного поезда, созданного компанией CRRC. Экспресс, автоматизированный до уровня GoA4, способен развивать скорость до 200 км/ч. Поезд оснащен всей необходимой аппаратурой для обеспечения беспилотного движения, однако несмотря на высший уровень автоматизации в нем сохранена кабина машиниста. Интеллектуальная система технического обслуживания на основе технологии цифровых двойников и алгоритмов искусственного интеллекта позволяет прогнозировать неисправности и оптимизировать процесс обслуживания и ремонта.

В конструкцию поезда вошел высокоточный резервированный сенсорный комплекс с более чем 2900 датчиками мониторинга. Он позволяет в режиме реального времени отслеживать состояние ходовой части, тяговой передачи и тормозной системы и реагировать на неисправности в течение миллисекунд. В силовом каркасе кузова использованы новые противоударные элементы и многоточечные энергопоглощающие конструкции, удвоившие способность поезда выдерживать столкновения. Переменное сечение

воздуховодов снижает их сопротивление, а дополнительные защитные кожухи ходовой части уменьшают завихрения при движении.



Пример внедрения зеленых технологий показала компания CHN Energy, которая реализовала первый в Китае проект по организации экологически чистых железнодорожных перевозок с использованием для вождения поездов энергии от возобновляемых источников. Дорога длиной 301 км соединяет городские округа Баотоу во Внутренней Монголии и Шэньму в провинции Шэньси. В основу проекта заложены природные преимущества сухого климата северо-запада Китая и обилие солнечного света для выработки электроэнергии от солнечных батарей. Электропитание к поездам подается в гибридном режиме – как от обычных сетевых электроподстанций, так и от накопителей солнечной энергии. В них солнечная энергия преобразуется в электроэнергию аккумуляторных батарей, которая используется во время пиковых нагрузок.

Планируется, что новая система будет поставлять около 7,4 млн кВт·ч экологически чистой электроэнергии в год. Благодаря этому будет примерно на 2200 т меньше сжигаться каменного угля и на 5800 т снизятся выбросы углекислого газа.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83160110_63192727.pdf

Гибридные ричстакеры

ПАО «ТрансКонтейнер» стало первой российской компанией, разработавшей техническое задание на электромеханические ричстакеры и закупившей их для работы на своих терминальных комплексах.

Гибридный погрузчик, обладающий лучшими качествами дизельной и электрической подъемно-транспортной техники, оснащен дизель-генераторной силовой установкой, расход топлива которой существенно меньше, чем у дизельных двигателей с механической передачей мощности. Использование новой техники позволяет снизить потребление топлива и

выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на 20 %. Уменьшаются и расходы на обслуживание и ремонт механизмов, в том числе за счет замены автоматической коробки переключения передач на более надежный электромеханический привод. Отказ от полностью электрической силовой установки исключает простои погрузчика, связанные с зарядкой аккумуляторных батарей.

Ричстакер разработан с учетом эксплуатационных и климатических особенностей терминальной сети ПАО «ТрансКонтейнер». Первые образцы новой техники приобретены для эксплуатации на терминалах, расположенных на станциях Костариха в Нижнем Новгороде, Батарейная в Иркутске и Базаиха в Красноярске. Выбор терминалов обусловлен потребностью наращивания их перерабатывающих мощностей, а также необходимостью проверки техники при работе в разных климатических условиях.

По итогам эксплуатации ричстакеров техническое задание может быть доработано, после чего компания примет решение о закупке аналогичных погрузчиков для других терминалов.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83033208_90526711.pdf

Инновационное всесезонное моторное масло для дизелей

Авторы Дунаев С.В., Попов В.П., Лесин А.В., Иньков Г.Н., Петров Н.А.

Для повышения энергоэффективности и надежности работы техники в тяжелых эксплуатационных условиях требуется не только совершенствование конструкции двигателей, но и разработка перспективных загущенных синтетических моторных масел. Такие масла в силу своих вязкостно-температурных характеристик обладают свойствами всесезонности и позволяют эксплуатировать технику круглогодично в самых различных климатических условиях.

По сравнению с традиционно применяющимися минеральными моторными маслами загущенные синтетические масла обладают, в частности, следующими преимуществами:

- большой срок службы до замены;
- более низкая температура прокачиваемости, что обеспечивает запуск двигателей при пониженных температурах;
- меньшие эксплуатационный расход топлива и потери масла в процессе сливно-наливных операций при низких температурах.

Указанные преимущества особо важны при эксплуатации судовых и промышленных двигателей для обеспечения экстренного пуска и возможности ускоренного нагружения. Все это также весьма актуально и для железнодорожного транспорта, где используются тепловозы с дизелями производства преимущественно АО «Коломенский завод», являющегося ведущим в России по разработке и производству среднеоборотных дизелей.

В целях повышения эффективности работы двигателей различного назначения разработали загущенное синтетическое моторное масло марки М-

4з/14Д2СМ, обладающее улучшенными реологическими и эксплуатационными свойствами. Технология его производства защищена в режиме коммерческой тайны.

**Основные физико-химические показатели
всесезонных разработанного и товарного масел**

Наименование показателей	Нормативные документы, по которым организуются испытания	Норма по ТУ*	Параметры всесезонного синтетического масла	
			разработанного М-4з/14Д ₂ СМ	товарного М-5з/14Д ₂ СЕ
Вязкость кинематическая, мм ² /с, не более: при 20 °С при 40 °С при 100 °С	ГОСТ 33	200 Не норм. 13,0 – 14,5	196,3 77,9 13,7	272,8 95,35 13,7
Индекс вязкости, не менее	ГОСТ 25371	150	181	136
Вязкость динамическая при –25 °С, мПа·с, не более	ГОСТ 33111	7000	1620	1860
Щелочное число, мг КОН на 1 г масла, не менее	ГОСТ 11362 с доп. по п. 7.4 ТУ	12,0	12,4	13,6
Зольность сульфатная, %, не более	ГОСТ 12417	1,6	1,59	1,84
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	ГОСТ 4333	215	243	245
Температура самовоспламенения, °С, не ниже	ГОСТ 12.1.044, пункт 4.8	245	338	366
Температура застывания, °С, не выше	ГОСТ 20287, метод Б	– 30	– 50	– 45
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	ГОСТ 5726	0,5	0	0,5

В процессе разработки масла проводился комплекс квалификационных испытаний, расширенный методами разработчика техники – АО «Коломенский завод». Его специалистами проверялись противоизносные свойства по схеме «ролик-колодка» и стойкость уплотнительных материалов в среде разработанного масла, а также выполнялись термогравиметрические исследования.

На всех этапах испытаний масло М-4з/14Д2СМ продемонстрировало более высокие показатели по сравнению с лучшими отечественными аналогами. Уровень качества этого синтетического загущенного моторного масла полностью соответствует ТУ 19.20.29-005-02699518–2022, а также требованиям, предъявляемым к смазочным маслам как для современных, так и для перспективных дизельных двигателей, в том числе тепловозного назначения.

В процессе создания этого масла ООО «Производство Завод имени Шаумяна» провел большую работу по подготовке и выпуску его опытно-промышленной партии по разработанным ИНХС РАН техническим условиям. Масло прошло весь комплекс испытаний, включая стендовые на полноразмерном дизельном двигателе типа Д49, которые полностью подтвердили его улучшенные реологические и эксплуатационные свойства.

После принятия решения о допуске масла к применению завод наладил его серийное производство, что позволило начать использование указанного масла на дизельных двигателях производства АО «Коломенский завод» различных степени форсирования, мощности и назначения, в том числе на дизелях главных корабельных энергетических установок и тепловозов. Высокий индекс вязкости и отличные низкотемпературные свойства позволяют отнести масло М-4з/14Д2СМ к классу энергосберегающих, обеспечивающих снижение удельного расхода топлива на величину до 5 % при увеличении интервала между заменами масла и периода технического обслуживания двигателя в целом. Это очень важно для дизелей, интенсивно эксплуатирующийся в условиях переменных нагрузок, к числу которых относятся и тепловозные.

Представленное масло оптимально также для техники расширенной номенклатуры, применяющейся в районах Крайнего Севера, в том числе оборудованной быстроходными дизелями. Оно рекомендовано АО «Коломенский завод» в качестве основной марки для высокофорсированных дизелей с наддувом, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях. Всесезонное синтетическое моторное масло М-4з/14Д2СМ, серийное производство которого организовано на ООО «Производство Завод имени Шаумяна», получает распространение в транспортной и энергетической отраслях.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83033210_71400887.pdf

В Китае разработали бортовую систему получения электроэнергии от встречного воздушного потока

Китайские ученые разработали бортовую систему получения электроэнергии от встречного воздушного потока и вибрации рельсов для энергоснабжения сенсоров, фиксирующих состояние грузового вагонного парка.



Группа ученых из Пекинского транспортного университета, Университета Шицзячжуан Тедао, а также компаний Beijing Sunwise Space Technology и China EnergyInvestment Group Xinshuo Railway создала прототип системы и проверила его работу на испытательном стенде. Как указывают разработчики, для энергоснабжения автономных бортовых датчиков грузовых поездов недостаточно использования одной лишь энергии встречного воздушного потока, поскольку он ослабевает при низких скоростях движения или при направлении ветра навстречу этому потоку. В дополнение предложено использовать энергию, которую можно получить при вибрации рельсов.

В разработанной системе возникающие при движении поезда воздушный поток и вибрации обеспечивают выработку в соответствующем преобразовательном устройстве переменного тока, который затем выпрямляется и используется для аккумуляции электроэнергии в энергетическом модуле (накопителе). В ходе эксперимента пиковая выходная мощность системы составила: при скорости воздушного потока 10 м/с – 40,87 мВт; при вибрациях с частотой 20 Гц и амплитудой 5 мм – 26,21 мВт.

За счет энергии воздушного потока со скоростью 10 м/с накопитель полностью заряжался за 20 ч, за счет вибраций с частотой 20 Гц и амплитудой 5 мм – за 45 ч. Испытания продемонстрировали способность бортовой системы стабильно обеспечивать автономную работу датчиков. Данное техническое решение признано перспективным для применения на грузовых вагонах.

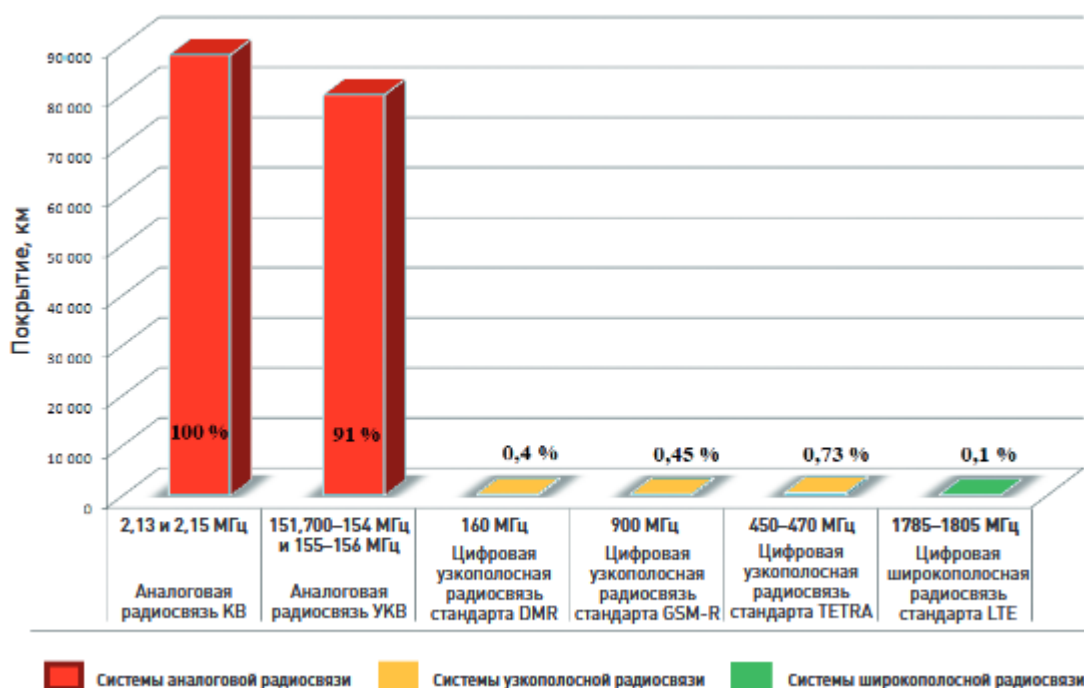
https://elibrary.ru/download/elibrary_83033214_56686074.pdf

О развитии систем широкополосной радиосвязи на железнодорожном транспорте

Авторы Азерников Д.В., Новиков Д.Е.

Переход от аналоговой радиосвязи к современным системам широкополосной радиосвязи будет способствовать развитию и повышению эффективности железнодорожного транспорта в течение ближайших 30 лет и более. По масштабу реализации – это будет сравнимо с решением о

строительстве волоконно-оптического кабеля вдоль железных дорог или даже превзойдет его.



Под эгидой Международного союза железных дорог в 2017 г. стартовал проект по созданию системы мобильной связи FRMCS (Future Railway Mobile Communication System), предназначенной для замены GSM-R. Основной целью является создание высоконадежной системы передачи данных и голосовых критических коммуникаций следующего поколения для железнодорожных операторов.

К ключевым особенностям этой технологии относится обеспечение стабильной и высоконадежной цифровой связи. FRMCS построена на современных технологиях радиосвязи стандартов LTE и 5G. Использование широкополосных каналов позволяет гибко управлять трафи ком, обеспечивать критически важные коммуникации, избегать мешающих влияний в реальном режиме времени, практически мгновенно передавать большие объемы данных, а также подключать множество устройств одновременно.

17 ноября 2020 г. для гармонизации частот на территории Евросоюза было принято решение о выделении железнодорожным операторам Европы полос радиочастот для FRMCS в диапазонах 900 МГц (полоса 5 МГц) и 1900 МГц (полоса 10 МГц).

Сегодня на железнодорожном транспорте Китайской Народной Республики (КНР) пока преимущественно используют стандарт GSM-R, но уже протестированы и готовы к внедрению цифровые системы, аналогичные FRMCS на основе LTE и 5G. Они начнут внедряться после получения Государственной корпорацией «Китайские железные дороги» радиочастот в диапазоне 2100 МГц. Кроме того, в КНР на более чем 100 линиях

метрополитена для организации всех необходимых видов голосовой связи и реализации интеллектуальной системы управления движением поездов по радиоканалу уже внедрены и используются сети стандарта LTE в частотном диапазоне 1785–1805 МГц с подсистемой приложений железнодорожной связи. Проект FRMCS реализуется поэтапно, начиная с пилотных проектов в нескольких странах ЕС.

В целях минимизации рисков для перевозчиков и пассажиров во всех международных транспортных коридорах предполагается постепенно внедрять систему FRMCS, которая будет работать параллельно с действующими сетями GSM-R до момента полного покрытия всей сети железных дорог.

Переход на FRMCS открывает широкие возможности для модернизации железнодорожного транспорта. Помимо повышения уровня комфорта и безопасности перевозок новая инфраструктура позволит интегрировать такие инновационные решения, как автономное управление поездами, оптимизация маршрутов и интеллектуальные логистические сервисы. Это станет новым этапом эволюции железнодорожной отрасли, открывающим перспективы устойчивого роста и технологического лидерства.

Важным преимуществом новой системы является полная совместимость с современными стандартами железнодорожной автоматики и телемеханики и системами автоматизированного управления движением.

Европейская система управления железнодорожным движением ERTMS (European Rail Traffic Management System), применяющаяся в большинстве стран мира, включает в себя две основные подсистемы: европейскую систему контроля поездов ETCS (European Train Control System) и цифровую мобильную широкополосную радиосвязь для железнодорожного транспорта FRMCS, обеспечивающую устойчивое взаимодействие поезда и инфраструктуры. Ее преимущества заключаются в повышении общей безопасности движения поездов, упрощении международных железнодорожных сообщений путем унификации систем управления, а также в оптимизации расписания движения поездов и повышении пропускной способности участков. Благодаря ERTMS вся необходимая информация передается непосредственно на борт локомотива и в кабину машиниста, что позволяет отказаться от применения напольных светофоров и максимально автоматизировать процесс управления движением поезда, исключив тем самым негативное влияние человеческого фактора.

Ввиду того что сегодня 99 % сети железных дорог России оснащено исключительно аналоговыми системами радиосвязи, ОАО «РЖД» имеет значительное (около 20–25 лет) технологическое отставание от ведущих железнодорожных компаний. С учетом отсутствия инфраструктуры антенномачтовых сооружений, на строительство которой уйдет минимум 7–10 лет, к 2030 г. отставание составит более 30 лет. Отсутствие инфраструктуры связи, в частности АМС, является блокирующим фактором для внедрения современных систем управления движением поездов, цифровизации

инфраструктуры, безлюдных технологий, информационных и управляющих систем, а также унификации систем услуг связи, улучшения пользовательского опыта и повышения эффективности всей железнодорожной системы.

Развитие сетей широкополосной радиосвязи LTE и 5G, в первую очередь в международных транспортных коридорах, будет способствовать беспрепятственному внедрению инновационных систем управления движением поездов. Такой подход позволит повысить эффективность использования инфраструктуры и пропускную способность существующих железнодорожных линий, а также снизить операционные расходы, оптимизировать системы связи и улучшить пользовательский опыт. Кроме того, это даст возможность повысить безопасность движения поездов, обеспечить мониторинг грузов и предоставить дополнительные услуги грузоотправителям и грузополучателям.

Покрытие современными системами связи целых направлений (коридоров) позволит обеспечить целостность сервисов и окупаемость затрат на создание инфраструктуры технологической широкополосной радиосвязи за счет размещения оборудования операторов сотовой связи на новой инфраструктуре. Покрытие полигонов сетями широкополосной радиосвязи создаст условия для разработки российского аналога европейской системы FRMCS. Его применение позволит решать задачи цифровой трансформации железнодорожного транспорта путем использования в составе комплексных информационно-управляющих систем таких технологий, как виртуальная сцепка, управление движением поездов с уровнем автоматизации УА4, организация сервисов доступа для мобильных рабочих мест и информационных систем, организация «последней мили», видеонаблюдения и сетей передачи данных ОАО «РЖД», инфраструктурное межмашинное взаимодействие и интернет вещей.

Таким образом, анализ текущего состояния и перспектив развития российских систем железнодорожной связи позволяет сделать вывод об острой необходимости перехода на широкополосную радиосвязь, что станет одним из ключевых факторов трансформации ОАО «РЖД» в высокотехнологичный транспортный холдинг. Соответствующие разработки и апробации технических и технологических решений уже ведутся.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83033209_87726571.pdf

Испытания двухэтажного многосистемного электропоезда DDEMU2 проводят в Венгрии.

На железных дорогах Венгрии проходят испытания и сертифицируются различные типы электроподвижного состава производства китайской корпорации CRRC. Компания Rail-Tours, входящая в состав Венгерской национальной железнодорожной компании MAV, проводит испытания двухэтажного многосистемного электропоезда DDEMU2. Ранее он

тестировался в Чехии на железнодорожном испытательном полигоне Велім. Испытания, проводящиеся после передачи состава в Венгрию, должны быть завершены в следующем году.

Шестивагонный электропоезд DDEMU2, способный развивать скорость до 200 км/ч, имеет 571 место для сидения, а его полная вместимость – 1280 пассажиров. Поскольку электропоезд соответствует европейским требованиям TSI (Technical Specifications for Interoperability – технические характеристики для обеспечения функциональной совместимости), планируется, что он будет допущен к эксплуатации не только в Венгрии, но и в Австрии, Германии и Словакии.



После длительных испытаний допущены к регулярной эксплуатации в Венгрии два новых контактно-аккумуляторных маневровых электровоза, разработанные в Китае специально для компании Rail Cargo Hungaria (RCH). Разработчик – компания CRRC Zhuzhou Locomotive (CRRC ZELC), входящая в корпорацию CRRC. Локомотивы будут использоваться на сортировочных станциях в городах Секешфехервар и Сорокшар.

Благодаря наличию литий-титанатных аккумуляторных батарей они смогут работать не только на электрифицированных участках, но и на путях без контактной подвески, например, на подъездных. Компания RCH начала программу опытной эксплуатации этих электровозов еще в 2019 г.



За прошедшее время их пробег по венгерским и зарубежным железным дорогам составил более 40 тыс. км. Аккумуляторные батареи, способные подзаряжаться от контактной сети, позволяют электровозам на неэлектрифицированных участках выполнять маневровые работы в течение 85 мин и возить поезда массой до 800 т со скоростью 20 км/ч.

В настоящее время компания RCH ведет переговоры о приобретении в рамках существующего контракта с CRRC новых контактно-аккумуляторных электровозов. Китайский производитель начал процесс получения разрешения на оснащение этих локомотивов устройствами Европейской системы управления движением поездов (ETCS), что позволит им работать в странах Юго-Восточной Европы, в том числе в Сербии, Болгарии и Северной Македонии.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83033214_56686074.pdf

Трансформация производственных процессов в эпоху цифровых технологий

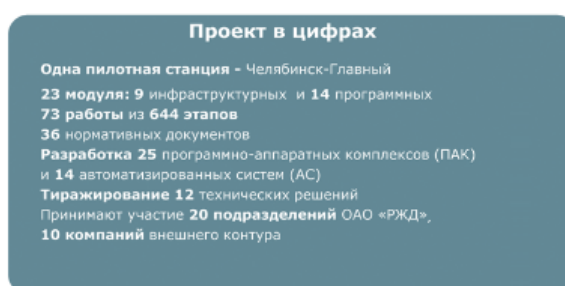
Автор Андреев В.Е.

Создание и внедрение инновационных систем автоматизации, роботизации и цифровизации входят в перечень основных направлений инженерной деятельности ОАО «РЖД» и являются необходимыми условиями достижения технологического суверенитета холдинга. Основной объем создаваемых решений реализуется в рамках крупных комплексных проектов, к которым можно отнести цифровую железнодорожную станцию (ЦЖС), беспилотную транспортную систему на МЦК, телекоммуникационные решения LTE и «Автомашинист». Развитие указанных трендов дает возможность получить такие технологические и экономические эффекты, как повышение скорости обработки составов грузовых поездов, увеличение пропускной и перерабатывающей способностей станций, рост оперативности и качества принимаемых решений, а также повышение безопасности движения поездов.

Автоматизация и роботизация станционных процессов позволяют повысить производительность труда. С точки зрения технических решений любой автоматизированный или роботизированный процесс включает в себя три основных элемента. Первый из них – аккумулирование данных о состоянии объекта, которые поступают от измерительной аппаратуры, датчиков и систем их передачи. Второй – обработка этих данных с использованием специализированного программного обеспечения, методик и алгоритмов, по результатам которой формируются управляющие команды для исполнительных механизмов. Третий – выполнение исполнительными механизмами технологических операций в соответствии с полученными командами. Для ЦЖС к таким механизмам относятся, например, робот-расцепщик, стрелки, светофоры, локомотив и др.

Целесообразно формировать самодостаточные замкнутые комплексные технические решения, позволяющие полностью обеспечивать технологический процесс. Именно такой подход применен в проекте «Цифровая железнодорожная станция». Этот проект включает в себя разработку и внедрение девяти инфраструктурных и 14 программных модулей, направленных на автоматизацию и роботизацию производственных процессов, автоматическое планирование эксплуатационной работы станции, контроль исполнения заданий и их динамическую корректировку, а также управление необходимыми ресурсами.

Реализация проекта «Цифровая железнодорожная станция»

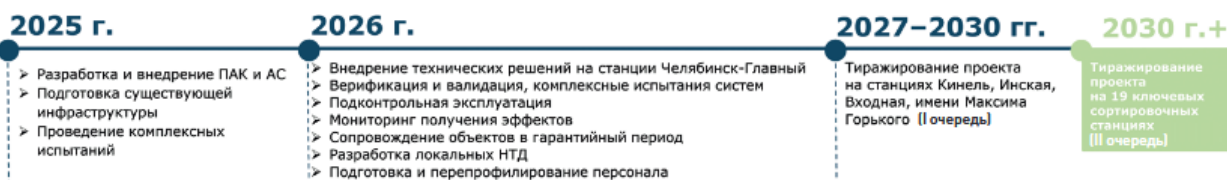


Эффекты от пилотного внедрения:

- оптимизация численности персонала на величину до 34 %;
- сокращение времени оборота ТПС на станции со снижением эксплуатируемого парка на 8 %;
- повышение перерабатывающей способности станции на величину до 10 %;
- снижение капитальных вложений в устройства ЖАТ на 87 %;
- экономический эффект ежегодный – 0,83 млрд руб., разовый – 8,3 млрд руб.

Проектное управление

- ✓ **Еженедельные** заседания проектного офиса
- ✓ **Ежедневный** мониторинг этапов и модулей
- ✓ Отслеживание и **контроль** выполнения задач



Проект состоит из более чем 600 этапов, предусматривающих как использование уникальных решений в области НИОКР и цифровизации, так и проектирование, строительство, разработку нормативных документов и иные работы. В нем впервые применена система проектного управления, которая включает в себя общую координацию, формирование поэтапного плана и статус-отчета реализации проекта, а также рассмотрение хода выполнения работ в проектном офисе и цифровизацию инструментов. Реализация таких масштабных проектов с использованием инструментов проектного управления позволяет приобретать уникальные компетенции создавать новые направления развития. Специалисты получают опыт внедрения комплексных решений, интегрируемых в эксплуатационную технологию.

Создаются стандарты и нормативные документы, впервые описывающие порядок организации проведения комплексных испытаний, верификации и валидации технических решений, ввода в эксплуатацию комплексных технологий.

Проект «Цифровая железнодорожная станция» показывает, как будут трансформироваться производственные процессы на горизонте развития 20 – 30 лет. Инновационные решения позволят кардинально изменить существующую технологию, что, несомненно, приведет к пересмотру нормативной документации, а также к реформированию организационно-функциональной структуры холдинга.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82868105_49308755.pdf

Цифровая железнодорожная станция как ключевой элемент повышения эффективности перевозочного процесса

Автор Долгий А.И.

Для достижения устойчивого тренда повышения эффективности перевозочного процесса важно сбалансировать интеллектуальные технологии поездообразования на станциях (умная подготовка к рейсу) и цифровое регулирование движения на перегонах (быстрое продвижение вагонопотоков). Именно их синхронная работа позволяет получить синергетический эффект.

В рамках проекта «Цифровая железнодорожная станция» (ЦЖС) мы сфокусированы на развитии интеллектуального поездообразования как ключевого элемента цифровой платформы управления перевозочным процессом. Речь идет об автоматизации и роботизации всего сквозного станционного процесса с выверенной точностью и прозрачностью. Это не просто модернизация – это кардинальный переход к управлению процессами в режиме реального времени на основе достоверных данных. Такой комплексный подход не имеет мировых аналогов.



Источники пропорционального повышения пропускной и перерабатывающей способностей при существующем путевом развитии

В рамках реализации сквозной автоматизации и роботизации технологического процесса работы станции создан ряд перспективных систем. Это комплекс диагностики и обработки подвижного состава при приеме поездов, который впервые на «пространстве1520» включает в себя метрологически аттестованные подсистемы технического зрения и лазерного сканирования. Его применение обеспечило создание систем предиктивной аналитики, интеллектуального технического и коммерческого осмотров, не уступающих лучшим мировым образцам.



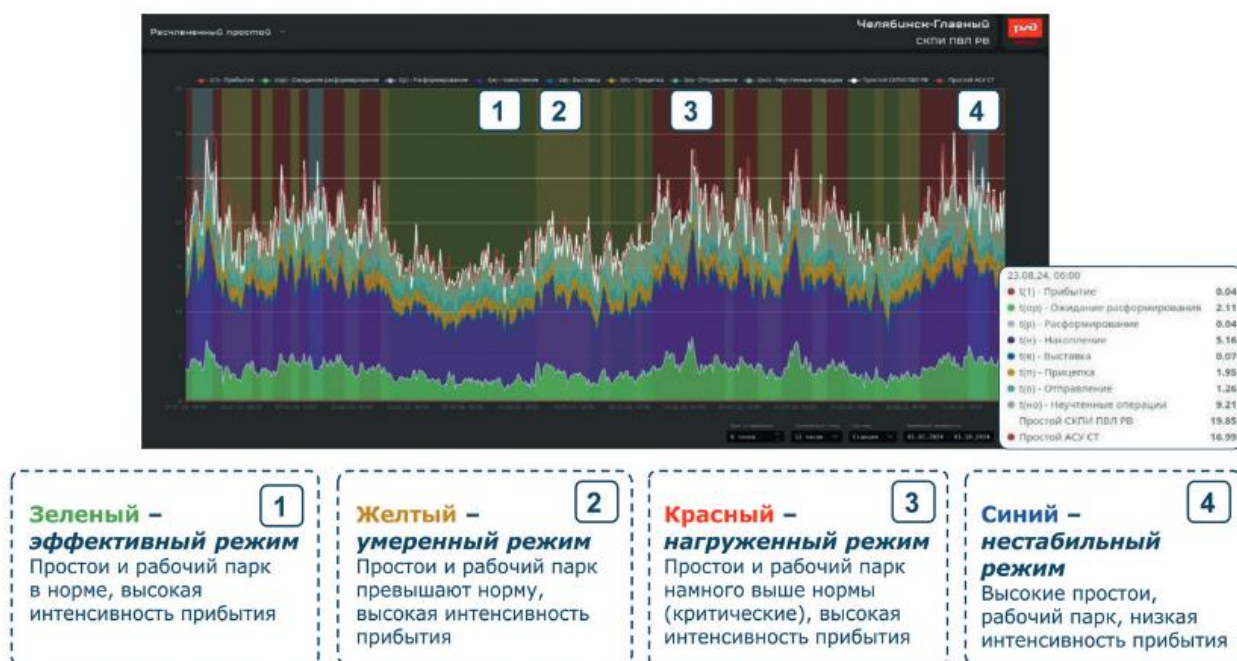
В рамках автоматизации процесса приема поездов на станцию мы решаем задачу автоматического закрепления составов, что обеспечивает сокращение простоев локомотивов в парке прибытия и вывод работников из опасной зоны.

В целях создания малолюдного процесса обработки подвижного состава в парке прибытия планируется применение робототехнической системы отпуска тормозов на основе мобильных платформ наземного типа. Также разрабатывается голосовой робот для ведения регламента переговоров с машинистами локомотивов при приеме поезда на станцию.

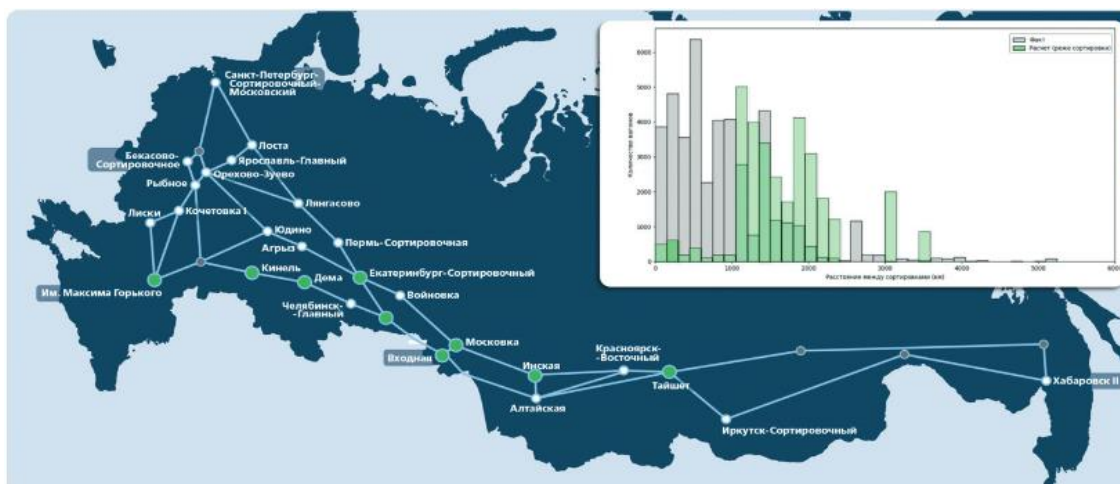
В проекте ЦЖС мы делаем важный шаг в развитии беспилотных технологий и реализуем комплекс автоматического управления поездной и маневровой работой на станции. На основании получаемых данных «от колеса» формируются автоматические планирование и установка поездных и маневровых маршрутов, а также автоматическое их исполнение беспилотными маневровыми локомотивами. Внедренная система контроля и подготовки информации о перемещениях вагонов и локомотивов в режиме реального времени (СКПИ ПВЛ РВ) автоматически фиксирует расположение подвижных единиц на станции с «колеса», за счет чего мы располагаем

масштабным массивом достоверных данных о событиях, не подверженных влиянию человеческого фактора, получаем возможность объективного пооперационного контроля технологической дисциплины и автоматического расчета показателей работы станции.

Впервые предложено при оценке условий работы станции использовать термин «режим».



Глубокий анализ данных по выполненным технологическим операциям позволил впервые сформировать подход по определению на станции «окон возможностей», т.е. способность выявлять и направлять имеющиеся резервы на повышение качества формирования поездов. Это перспективный инструмент снижения числа операций с вагоном, затрат и простоев.



**Перспективная опорная сеть сортировочных станций
для оснащения компонентами ЦЖС**

Указанное увеличение простоя транзитных вагонов с переработкой может быть компенсировано внедряемыми на ЦЖС средствами автоматизации и роботизации. Компенсировать простои будут способны и другие опорные станции сети железных дорог после внедрения на них компонентов ЦЖС. Внедрение компонентов ЦЖС на опорных станциях сети железных дорог даст кумулятивный эффект, который, по предварительной оценке, даже при консервативном сценарии составит до 100 млрд руб. в год.

Главными факторами, способствующими получению указанного эффекта, являются:

- исключение дополнительной переработки вагонов на сортировочных горках благодаря использованию «окон возможностей»;
- исключение кружностей и равномерное продвижение вагонопотока по полигонам;
- увеличение маршрутной скорости грузовых отправок, что позволит нивелировать риск начисления штрафов за просрочку доставки грузов.

В условиях структурных изменений в экономике Российской Федерации ключевой задачей становится повышение эффективности перевозочного процесса, в том числе за счет рационального использования инфраструктуры. Важную роль в решении указанной задачи призван сыграть проект ЦЖС, который уже демонстрирует технологическую зрелость, трансформируется из пилотной инициативы в масштабируемый элемент для перехода к новой модели управления железнодорожной системой – интеллектуальной, адаптивной, сквозной по логике и предсказуемой по результату.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82868106_28940102.pdf

Перспективы тиражирования проекта «Цифровая железнодорожная станция»

Автор Глазков М.О.

Комплексный межфункциональный проект «Цифровая железнодорожная станция» (ЦЖС) позволяет трансформировать весь процесс станционной работы, поэтому важно максимально широко использовать все разрабатываемые в его рамках технические и технологические решения. Уже изначально предусматривался модульный принцип реализации концепции цифровой станции, обеспечивающий внедрение отдельных программных и программно-аппаратных комплексов на разных станциях применительно к технологии и характеру их работы. Предложения по очередности тиражирования модулей ЦЖС формировались исходя из получения максимальных технологического и экономического эффектов, а также оценки технической оснащенности и влияния рассматриваемых станций на работу сети железных дорог в целом.

Этапы тиражирования проекта ЦЖС



Важную роль в перевозочном процессе играют станции, основная задача которых заключается в обеспечении высокого темпа пропуска транзитного поездопотока. Определяющее влияние на это оказывают операции по смене локомотивов и локомотивных бригад, закреплению подвижного состава и опробованию автотормозов. Следовательно, важно обеспечить сокращение числа указанных типовых операций и их продолжительность. В рамках плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ разрабатывается модуль автоматизированной диагностики подвижного состава и приема груза к перевозке с путей необщего пользования.

Его целесообразно использовать в первую очередь на грузовых железнодорожных станциях, осуществляющих массовые операции по погрузке и выгрузке грузов. Формирование единого информационного пространства работы станции и локомотивного депо позволит автоматизировать процессы текущего, сменно-суточного и оперативного планирования работы локомотивов и локомотивных бригад, обеспечить эффективное взаимодействие дирекций управления движением и тяги. Кроме того, это может стать действенным инструментом взаимодействия с сервисными организациями в части аргументированного подтверждения выполнения ими договорных обязательств.

Процесс тиражирования лучших практик и решений по автоматизации и роботизации процессов напрямую зависит отсутствующих принципов их технико-экономической оценки.

Зоны цифровизации технологических процессов



Применяемые сегодня подходы основаны на сравнении текущих затрат с ожидаемыми эффектами. Назрела необходимость рассмотреть вопрос об актуализации методов оценки эффективности и подготовки технико-экономических обоснований. Требуется актуализировать и существующий классификатор эффектов от реализации инвестиционных проектов ОАО «РЖД», а также формат заявочных материалов.

Особую актуальность приобретают вопросы подготовки кадров для работы в качественно новой производственной среде, формируемой в ходе внедрения современных цифровых технологий, автоматизации и роботизации процессов.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82868107_40863015.pdf

Контейнерные поезда повышенной длины

Горьковская железная дорога начала формировать контейнерные поезда повышенной длины для вывоза продукции химической промышленности из Татарстана. Сервис по доставке грузов такими поездами был организован по запросу грузоотправителя – нефтехимического предприятия. Ранее на станциях дороги формировались контейнерные поезда длиной не более 71 условного вагона. Первый контейнерный поезд длиной в 100 условных вагонов с полиэтиленом отправился со станции Восстание в Казани во Владивосток в середине июля.

В удлиненном составе удалось перевезти груза примерно на 1 тыс. т больше, чем в обычном поезде, а время его следования по специальной твердой нитке графика до станции назначения составило всего 12 сут – почти в 2 раза меньше. Из Владивостока грузы морским путем были доставлены в Китай и во Вьетнам. Формирование и пропуск поездов повышенной длины

является эффективным технологическим решением, так как позволяет ускорять продвижение вагонопотоков, сокращать эксплуатационные расходы, улучшать использование тягового подвижного состава.



Горьковская магистраль планирует отправлять удлиненные экспрессы на регулярной основе.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82868110_39003579.pdf

Новые локомотивы

Предприятия, входящие в состав дивизионального машиностроительного холдинга «Синара – транспортные машины» (СТМ), представили на Международном железнодорожном салоне «PRO//Движение.ЭКСПО» в СанктПетербурге образцы магистральных локомотивов новых серий.

Грузовой 8-ми – осный электровоз переменного тока 2ЭС11 «Орлец» (принятое на Урале название родонита) с асинхронными тяговыми электродвигателями изготовлен заводом «Уральские локомотивы» на базе электровоза постоянного тока 2(3) ЭС8 «Малахит».

Тяговые характеристики новой машины выше, чем у электровозов переменного тока предыдущих серий. В двухсекционном исполнении он может возить составы массой до 7100 т, в трехсекционном – до 9000 т. К его преимуществам относятся также отечественная компонентная база, высокая энергоэффективность, цельнонесущая конструкция, стальная рама с высокой устойчивостью к коррозии и нагрузкам, модульная компоновка систем. Масса электровоза – 200 т, конструкционная скорость – 120 км/ч, часовая мощность – 9600 кВт, мощность продолжительного режима – 8000 кВт. Жизненный цикл локомотива включает в себя лишь один капитальный ремонт.



Грузовой 16-ти-осный тепловоз 2ТЭ35А с синхронным тяговым генератором и асинхронными тяговыми электродвигателями построен на Людиновском тепловозостроительном заводе. Локомотив предназначен для интенсивной работы в сложных условиях Сибири и Дальнего Востока на ключевых грузовых неэлектрифицированных линиях, в том числе на БАМе. Это полностью российская разработка, 99 % комплектующих производятся на отечественных предприятиях. Мощность тепловоза – 2×3650 кВт (2×4960 л.с.), конструкционная скорость – 120 км/ч. Он способен возить составы массой до 7100 т.



Благодаря улучшенным системам впрыска топлива и охлаждения, интеллектуальному управлению дизелем 16ДМ185Т локомотив имеет высокую экономичность. Современные системы диагностики и мониторинга, модульная конструкция обеспечивают его надежность в эксплуатации.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82868115_62990853.pdf

Испытан синхронный агрегат

Опытные образцы тягового синхронного агрегата АТ2С2800/650 производства «ТМХЭлектротех» (входит в состав компании «ТМХ – Энергетические решения») успешно прошли приемочные испытания. АТ2С2800/650 является составной частью изготавливаемого Коломенским заводом дизельгенератора 189ДГМ02, который предназначен для новых грузопассажирских магистральных тепловозов серии ТЭ26 производства Брянского машиностроительного завода. Агрегат состоит из размещенных в общем корпусе двух электрических машин – тягового и вспомогательного синхронных генераторов. Он служит для электрического пуска дизеля, питания силовых цепей и цепей собственных нужд тепловоза, а также системы энергоснабжения пассажирских вагонов.

Работа по освоению производства и выпуску агрегата началась в 2023 г. В 2024 г. первые опытные образцы успешно прошли предварительные испытания, а в нынешнем году с положительными результатами завершились их приемочные испытания. В III квартале 2025 г. предстоят испытания синхронных агрегатов АТ2С2800/650 уже непосредственно на двух опытных тепловозах серии ТЭ26.



Агрегаты изготовлены на отечественной компонентной базе в рамках реализуемой «ТМХ Электротех» программы импортозамещения ключевых компонентов подвижного состава.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82868115_62990853.pdf

Предиктивная диагностика локомотивов

Автор Простосердов Д.В.

С увеличением скорости движения и массы поездов значительно возрастает нагрузка на локомотивы в процессе эксплуатации. В связи с этим

наряду со сбором и передачей информации о техническом состоянии тяговой техники все более актуальной задачей становится прогнозирование остаточного ресурса критически важных узлов и агрегатов. Реализовать такой подход можно путем интеграции в конструкцию локомотива технических средств предиктивной диагностики, способных в автоматизированном режиме анализировать все показатели работы локомотива в комплексе, а не по отдельности. С этой задачей успешно справились специалисты ООО «ТМХ Интеллектуальные Системы», разработавшие бортовой комплекс предиктивной диагностики (БКПД), который способен прогнозировать выход из строя узлов, лимитирующих надежность локомотивов.

Одной из основных частей БКПД является уникальная подсистема вибродиагностики узлов и деталей колесно-моторных блоков. Она накапливает данные, полученные от датчиков виброускорения, а также информацию о частоте вращения колесных пар и параметрах тока в тяговых электродвигателях. После первичной обработки этих сведений полученные результаты передаются в программное обеспечение верхнего уровня блока БКПД. В нем оцениваются текущее техническое состояние и остаточный ресурс, который ранжируется: более чем 10 тыс. км, 1 тыс. – 10 тыс. км, менее 1 тыс. км. В случае выявления остаточного ресурса узла менее 300 км на дисплей машиниста передается тревожное сообщение о запрете эксплуатации.



Испытания в реальных условиях подтвердили работоспособность комплекса и позволили верифицировать алгоритмы вибро и токовой диагностики тяговых электродвигателей. С февраля текущего года началось тестирование опытного образца БКПД. В ближайшее время планируется ввести БКПД в эксплуатацию на 30 секциях электровозов серии ЗЭС5К.

Применение бортовых систем предиктивной диагностики на локомотивах даст возможность не только существенно сократить число внеплановых ремонтов и предотвратить серьезные повреждения на начальных стадиях их проявления, но и сократить эксплуатационные расходы депо за счет перехода от существующего планово-предупредительного метода обслуживания к обслуживанию по состоянию. Кроме того, это позволит исключить необходимость отцепки локомотива для проведения стационарной диагностики.

В перспективе планируется оценить влияние БКПД на жизненный цикл локомотива. Для этого потребуется оцифровать все потери из-за отказов технических средств на локомотивах и оценить реальные эффекты не только для локомотивного комплекса, но и для всех участников перевозочного процесса.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82868117_93631722.pdf

Панели солнечных батарей, смонтировали между рельсами железной дороги

В Швейцарии реализован проект компании Sun-Wayspo по запуску в эксплуатацию панелей солнечных батарей, смонтированных между рельсами железной дороги. На одном из участков пути возле города Невшатель компания установила 48 съемных солнечных панелей общей мощностью 18 кВт. Предполагается, что ежегодно они будут вырабатывать около 16 тыс. кВт·ч электроэнергии, которую намечается подавать в локальную распределительную сеть для снабжения местных домохозяйств.



В будущем, вероятно, генерируемая указанным образом электроэнергия сможет использоваться для тяги поездов. Идея укладки солнечных панелей

между рельсами не нова, но ее реализация компанией Sun-Ways отличается скоростью и удешевлением монтажа панелей, а также возможностью снимать их на время обслуживания путей. Так, монтаж выполняется вагоном-укладчиком PUMA производства местной компании Scheuchzer со скоростью до 150 солнечных панелей в час. В течение ближайших трех лет Sun-Ways будет тестировать панели на надежность, совместимость с эксплуатацией линии и на устойчивость к загрязнениям. Очистка панелей будет производиться щетками, устанавливаемыми на специальном подвижном составе.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82868118_71333596.pdf

В Австрии изготовили рельсы из стали, полученной из восстановленного водородом железа

Австрийская металлургическая компания Voestalpine впервые в мире изготовила рельсы из стали, полученной из восстановленного водородом железа. Специалисты Voestalpine, предприятия которой являются основными источниками выбросов углекислого газа в Австрии, освоили новую технологию производства рельсов в рамках программы, нацеленной на достижение к 2050 г. нулевого уровня вредного воздействия на экологию, при производстве стали. Сталь для рельсов была выплавлена на заводе Voestalpine из лома и железа, восстановленного водородом. В процессе восстановления водородом железа из оксида железа (III) не выделяется углекислый газ, побочным продуктом является только водяной пар: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$.

При этом получается более чистое железо, так как оно не загрязнено серой и фосфором, которые содержатся в каменноугольном коксе, используемом в металлургии. Первый рельс, произведенный по новой технологии, покрасили в зеленый цвет и уложили на центральной железнодорожной станции города Линц.



Как заявляет Voestalpine, зеленые рельсы обладают такими же характеристиками прочности и износостойкости, что и прочие рельсы, производимые компанией.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82868118_71333596.pdf

Электровоз ЭП2К для пассажирского поезда с инновационными вагонами габарита Т

Коломенский завод изготовил электровоз ЭП2К№ 510 с уникальной ливреей, предназначенный для вождения пассажирского поезда с новейшими вагонами габарита Т. Локомотив окрашен в единой стилистике с вагонами. Дизайн ливреи электровоза создан совместно с будущим эксплуатантом – ОАО «Российские железные дороги». Первый фирменный поезд с вагонами габарита Т, как ожидается, будет эксплуатироваться на Октябрьской железной дороге на маршруте Москва-СанктПетербург. Он имеет существенные отличия от подвижного состава, который в настоящее время эксплуатируется на железных дорогах России. Ширина вагонов габарита Т, по сравнению с серийными вагонами габарита 1ВМ, увеличена на 280 мм, длина – на 730 мм, длина пассажирского салона стала больше почти на 3 места (290 см).



Длина спальных полок благодаря увеличению габарита стала больше на 160 мм для пассажиров верхних мест и на 60 мм для пассажиров нижних мест, что позволило создать более комфортные условия в пути. Ранее Коломенский завод построил для российских железнодорожников 8 электровозов ЭП2К в сине-белой ливрее для фирменного поезда «Аврора», которые также курсируют между Санкт-Петербургом и Москвой.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83049774_92815987.pdf

Импортозамещение – как стимул развития технологической независимости российских железных дорог

Авторы А.А. Медведева, М.Ю. Борисенко

События последних лет кардинально изменили подходы к обеспечению технологической независимости российских железных дорог. Сегодня перед ОАО «РЖД» стоят задачи, которые еще три года назад казались второстепенными, а теперь определяют стратегическое развитие всей железнодорожной отрасли. Особую тревогу вызывает тот факт, что 90 % испытательных стендов для автотормозного оборудования высокоскоростных составов до недавнего времени поставлялось из-за рубежа. Решая задачи по обеспечению технологическим оборудованием локомотиворемонтные предприятия ОАО «РЖД», Проектно-конструкторское бюро локомотивного хозяйства (ПКБ ЦТ) не просто заменяет импортные технологии, а создает принципиально новую технологическую базу, которая должна обеспечить полную автономность обслуживания и ремонта отечественных высокоскоростных составов «Финист» и перспективного «Белого кречета».

Особое внимание уделяется созданию цифровой экосистемы испытательных процессов. Разрабатываемые стенды оснащаются системами автоматизированного сбора данных с возможностью их передачи в единую электронную базу данных ОАО «РЖД». Это обеспечивает не только контроль качества, но и накопление статистической информации для прогнозирования ресурса узлов и оптимизации межремонтных интервалов.

Стратегическое значение этой работы для ОАО «РЖД» выходит далеко за рамки импортозамещения. Создание собственной испытательной базы позволяет:

- сократить время на ремонт новых составов посредством параллельного проведения испытаний и доработки конструкции;
- снизить стоимость жизненного цикла подвижного состава благодаря оптимизации процессов диагностики и ремонта;
- обеспечить техническую поддержку отечественных высокоскоростных составов на весь период их эксплуатации;
- создать экспортный потенциал российских испытательных технологий для стран СНГ и дальнего зарубежья.

Анализируя пройденный путь и оценивая перспективы развития, можно с уверенностью сказать, что программа импортозамещения испытательных стендов для высокоскоростного подвижного состава становится одним из ключевых факторов технологической независимости российских железных дорог.

Первостепенное значение имеет создание базовых испытательных комплексов. Это позволит обеспечить автономность технического обслуживания существующих составов и создать надежную основу для развития новых проектов. Особенно важно это в контексте строительства

высокоскоростной магистрали Москва-Санкт-Петербург и планируемого расширения сети ВСМ.

Цифровизация испытательных процессов открывает принципиально новые возможности. Создание цифровых двойников высокоскоростных составов позволит проводить виртуальные испытания на этапе проектирования, значительно сокращая время и стоимость разработки новых решений. Интеграция с системами искусственного интеллекта даст возможность прогнозировать техническое состояние подвижного состава и оптимизировать стратегии технического обслуживания.

Важнейшим выводом из проделанной работы является понимание того, что импортозамещение – это не просто замена зарубежных технологий отечественными аналогами. Это создание принципиально новой технологической парадигмы, основанной на глубокой интеграции цифровых технологий, передовых материалов и современных методов проектирования.

Перед ПКБ ЦТ стоит историческая задача – создать технологическую основу для нового этапа развития российских железных дорог, которую готовы решить, опираясь на богатый опыт отечественной инженерной школы и современные достижения науки и техники.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83049765_94753701.pdf

В Санкт-Петербурге прошел международный железнодорожный салон техники и технологий

Авторы Иоффе А.Г., Молчанов А.В.

На открытой площадке салона были представлены образцы нового тягового подвижного состава. АО «Демидовский машиностроительный завод» экспонировал новый пригородный электропоезд постоянного тока ЭП2ДМ0309. От своих предшественников этот электропоезд отличается высокой степенью использования отечественных комплектующих, а также обновленным внешним видом и интерьером. В зависимости от заказа в составе поезда могут быть 4, 6 и от 8 до 11 вагонов. Нечетное количество вагонов (9 или 11) получается в результате добавления дополнительного прицепного вагона к одной из двухвагонных секций.

Данный конкретный поезд – шестивагонный, включаетв себя два головных, три моторных и один прицепной вагон. Вагоны оснащены комбинированными выходами, позволяющими перевозить пассажиров на участках как с высокими, так и с низкими платформами. Конструкция поезда предусматривает разные варианты выходных дверей в тамбурах и планировки салонов в городском, пригородном и экспрессном вариантах.



Конструкционная скорость поезда составляет 120 км/ч. Число мест для сидения в поезде варьируется в зависимости от количества вагонов и планировки их салонов.

Этим же заводом в содружестве с АО «Коломенский завод» был представлен дизель-поезд ДП2Д0001, созданный по схеме push-pull («тяги-толкай»). В состав поезда включены тепловоз ТЭП70БС371 и шесть немоторных вагонов, унифицированных с вагонами электропоезда ЭП2ДМ. Тепловоз ТЭП70БС371 максимально унифицирован с остальными тепловозами этой серии. Как и другие локомотивы, построенные по усовершенствованной схеме, тепловоз оснащен двухпроводной системой энергоснабжения пассажирских вагонов поезда. Кроме того, на обеих торцевых стенках данного локомотива установлены разъемы для связи с цепями управления вагонов. Наиболее удаленный от локомотива 1й вагон имеет кабину управления, остальные вагоны – промежуточные прицепные, причем 6й вагон обеспечивает сцепку с тепловозом.

Всё энергоснабжение вагонов обеспечивается от вспомогательного генератора тепловоза через двухпроводные соединительные линии. Для питания тормозной и вспомогательной пневматической системы служат штатный компрессор тепловоза, а также компрессоры, установленные на головном и хвостовом вагонах. Включение и выключение всех компрессоров – синхронное.

Управление дизель-поездом может осуществляться как из любой кабины тепловоза, так и из кабины головного вагона, где на пульте продублированы все функции управления.



Брянский машиностроительный завод представил новый односекционный тепловоз ТЭ260001. Этот локомотив имеет ряд принципиальных отличий от других серий, производство которых ранее было освоено на БМЗ.



Он предназначен для замены ранее построенных и достаточно широко распространенных тепловозов Луганского (Ворошиловградского) завода серий М62 и 2М62. Как и предшественники, новый тепловоз ТЭ26 вписан в габарит 02ВМ. В совокупности с наличием двух полноценных кабин это потребовало совершенно нового подхода к компоновке оборудования. К тому же мощность дизеля нового локомотива вдвое превышает мощность дизеля у предшественника. Тепловоз является универсальным и имеет несколько дополнительных функций. Для вождения тяжеловесных грузовых поездов

массой до 7100 т возможна работа до четырех тепловозов по системе многих тяговых единиц. Для обслуживания пассажирских поездов локомотив оснащен тормозами не только грузового, но и пассажирского типа, в том числе и электропневматическими. АО «Синара – Транспортные Машины» представило триновых локомотива. Магистральный грузовой электровоз переменного тока 2ЭС11001 «Орлец» оснащен асинхронным тяговым приводом, комплектующие которого разработаны и изготовлены в России.



Этот электровоз продолжает линейку новых локомотивов на основе ранее созданного электровоза постоянного тока 3ЭС8 «Малахит». В отличие от электровозов предыдущего поколения, новые уральские локомотивы выполнены с кузовами цельнонесущей конструкции, что в совокупности с оптимальной компоновкой оборудования позволило сократить длину секции на 1 м. Усовершенствована тележка, в раме которой применены новые марки стали. Применен автоматический стояночный тормоз. Улучшена пассивная безопасность кабины машиниста.

Кроме того, на выставке были представлены экспонаты смежных отраслей транспорта. ООО «ПК Транспортные системы», входящее в ТМХ, показало пятисекционный трамвайный вагон 71952 «Воевода», предназначенный для работы на загруженных линиях Санкт-Петербурга и других крупных городов. Вагон длиной 37,5 м вмещает до 400 пассажиров, в том числе 72 сидящих. Для возможности работы на маршрутах, где отсутствуют разворотные петли, кабины управления имеются на обоих торцах, а двери – с обеих сторон вагона.

На этой основе предусмотрена возможность создания семисекционного трамвая вместимостью до 500 пассажиров. Максимальная скорость составляет 75 км/ч, что обеспечивается восемью асинхронными тяговыми электродвигателями мощностью по 72 кВт.



Для работы на линиях, где нерентабельна электрификация отдельных малонагруженных участков, конструкцией трамвайного вагона предусмотрен автономный ход на аккумуляторных батареях. При скорости до 25 км/ч и уклоне не более 0,002 протяженность автономного хода достигает 15 км.

Большой интерес у посетителей вызвали также экспонаты, представленные в павильонах. Так, на стенде ООО «Уральские локомотивы» был показан макет высокоскоростного поезда ЭВС360 «Белый кречет». В создании этого экспресса принимают участие многие предприятия России.



https://elibrary.ru/download/elibrary_83049764_93365304.pdf

Новые системы управления и обеспечения безопасности на зарубежных железных дорогах

Автор Тиверовский В.И.

Цифровизация на железных дорогах в странах Европы в настоящее время является глобальным направлением развития железнодорожного транспорта. Это направление включает создание и внедрение новых систем управления и автоматизации управления поездами и поездным движением, создания систем безопасности движения в сочетании с обеспечением экологичности развития транспорта. Степень цифровизации и автоматизации в разных странах различается, так как эта тенденция развития требует значительных инвестиций и учета национальных особенностей и фактического состояния железных дорог в стране. В наибольшей мере перспективы и требования к цифровизации определены в Европе для стран членов Европейского союза.

Внедрение европейской системы управления поездом ETCS (European Train Control System) в Европе идет уже более 20 лет, но более медленными темпами, чем планировалось изначально. На нынешнем этапе внедрения системы ETCS сложно установить конкретный срок достижения совместимости в европейской сети железных дорог. Отсутствие реальной технической совместимости означает частично неизмеримые затраты для управляющих инфраструктурой и железнодорожных компаний. Это также включает поддержание различных систем как со стороны железнодорожной инфраструктуры, так и со стороны оператора.

Поэтому текущий статус и продвижение внедрения системы ETCS в Европейском союзе важны для всех участников железнодорожного рынка от управляющих инфраструктурой, железнодорожных компаний, органов безопасности (NSA) до Европейской комиссии. Представляет определенный интерес подход Германии к вопросам перспектив развития железных дорог страны. Прогнозируется, что к 2030 г. количество пассажиров удвоится. Это требует более высокого качества и большей пропускной способности железнодорожной сети. Благодаря отраслевой инициативе по цифровизации железнодорожного транспорта страны (DigitalRail Germany, DSD), Германские железные дороги (Deutsche Bahn AG, DB) промышленность и бизнес разрабатывают инновационные и интеллектуальные технологии и оснащают ими железнодорожную сеть страны. Основой служит комплексное оснащение ETCS и цифровой централизацией стрелок и сигналов (DSTW).

В течение следующих нескольких лет, согласно перспективам DSD, железные дороги страны должны быть постепенно оснащены технологиями ETCS и DSTW. В рамках этой структуры контроль железнодорожных операций также будет фундаментально переработан: с использованием стратегии оперативного контроля (BSS), для чего по всей Германии будут созданы 111 производственных объектов (BSO) и 52 технологических центра

(TSO), что обеспечит современное, децентрализованное и гибкое управление поездами.

В будущем диспетчеры будут управлять поездами с помощью современной интегрированной системы управления (iLBS), которая будет предоставлять все оперативно необходимые приложения в современной и единой форме. Цифровизация железных дорог с помощью таких технологий, как ETCS и DSTW, призвана не только повысить пропускную способность, надежность и эффективность железнодорожного транспорта, но и внести важный вклад в транспортный переход. ERTMS как европейская система управления железнодорожным движением состоит из двух элементов: системы управления поездами ETCS и системы передачи GSMR (глобальная система мобильной связи на железных дорогах).

С некоторыми допущениями можно считать, что система ETCS – система для машиниста локомотива или моторвагонного поезда, а система ERTMS – система для поездного диспетчера. GSMR – это стандартизированная цифровая система мобильной связи второго поколения, обеспечивающая связь между поездом и землей. Европейская система управления поездами ETCS – стандартизированная общеевропейская система управления поездом, которая использует мобильную радиосвязь 2го уровня между поездами и путевым оборудованием ETCS. Внедрение будущей системы железнодорожной мобильной связи (FRMCS) как мощной и долгосрочной системы мобильной связи возьмет на себя роль GSMR в будущем.

В рамках проекта Германского центра исследований железнодорожного транспорта (DZSF) сведения железнодорожной инфраструктуры записаны на открытом цифровом испытательном поле (ODT) в качестве основы для реализации будущих проектов. Данные изображений с географической привязкой были записаны и дополнены информацией для всей маршрутной сети ODT, так что становится возможной быстрая локализация широкого спектра ТС и условий окружающей среды. Испытания в реальных условиях имеют решающее значение для успешной практической передачи технических или эксплуатационных инноваций на железнодорожном транспорте. Для этой цели необходима открытая доступная инфраструктура тестирования. DZSF создает ODT как независимую платформу для науки и бизнеса: открытую для тестирования при реальном доступе и ориентированную на цифровые инновации в различных условиях. Практический опыт успешно завершенных и текущих проектов показывает преимущества использования методов искусственного интеллекта при моделировании запасов. Информация о местоположении и скорости имеет решающее значение для ETCS европейской системы управления железнодорожным движением ERTMS. Точная и надежная локализация ТС на железнодорожной сети является важной предпосылкой для работы подвижных блоков (передвижение на перемещающиеся пространственные расстояния) и других приложений,

которые увеличивают пропускную способность маршрутов и повышают конкурентоспособность экологически чистого железнодорожного сектора.

Развитие автоматизации железнодорожных технологий и, в частности, современные подходы к АТО (автоматическое управление поездами) требуют автоматического обнаружения препятствий на трассе. Распространенные методы обнаружения можно разделить на две категории: подходы, основанные на данных, и подходы, основанные на моделях. Здесь большое преимущество имеют методы, основанные на моделях, потому что отклонение от целевой модели приводит к обнаружению без необходимости знать объекты или ошибки. Предлагаемый метод основан на сравнении имиджевой информации монокулярного видео ряда с предположением освободной плоской поверхности путевого полотна перед поездом как геометрической модели.

Предложенный подход позволяет заменить активный датчик LIDAR, излучающий значительное излучение на больших расстояниях, на пассивную монокулярную камеру. Продвижение цифровизации требует от компаний принятия мер по борьбе с киберпреступностью и повышения их устойчивости. Особенно в сфере KRITIS (отраслей критической инфраструктуры) важно заранее подготовиться к этой угрожающей ситуации. Из приведенного краткого обзора следует, что на железных дорогах зарубежья цифровизация, внедрение новых систем управления, сигнализации и обеспечения безопасности движения продолжают быть главным направлением развития. Однако темпы этого внедрения оставляют желать лучшего. Это связано со значительными трудностями в экономике и разными подходами и возможностями отдельных стран. Между тем изучение зарубежного опыта может помочь нашим железным дорогам более успешно решать проблемы развития железнодорожного транспорта нашей страны.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82798557_30288674.pdf

Применение программируемых автоматических БПЛА для технического осмотра вагонов в грузовом поезде

Авторы Кондратенко К.А., Кондратенко А.К., Асабин В.В., Свечников А.А., Саидова Л.Л.

Важнейшей составляющей безопасности перевозочного процесса является проведение технического осмотра поездов, при котором выявляются неисправности грузовых вагонов. Технический осмотр наряду с коммерческим осмотром, сортировкой, роспуском вагонов являются составляющими звеньями цепи грузовых перевозок. Суммарная длительность всех звеньев составляет общее время нахождения в пути следования составов поездов.

В настоящее время на всех станционных ПТО повсеместно применяется технологический процесс осмотра вагонов способом «пролазки». Он предусматривает выявление неисправностей с внутренней стороны деталей и

узлов тележек, колёсных пар, боковых рам, автосцепок, тормозного оборудования, балок и других мест вагонов.

При обработке транзитного поезда основное время технического осмотра занимает опробование тормозов: проверка режимов торможения, зарядки, отпуска, обнаружение утечек. Предлагается для проведения технического осмотра вагонов применение новой технологии с использованием БПЛА.

При выполнении этих работ с помощью автоматических беспилотных летательных аппаратов – дронов (далее БПЛА) осмотр состава вагонов проводится более чем в два раза быстрее. Внедрение БПЛА позволит повысить скорость, точность и безопасность осмотра, снизить человеческий фактор, а также оптимизировать затраты. Кроме снижения расходов на персонал и время осмотра вагонов произойдут: повышение качества обработки составов, улучшение безопасности труда, снижение аварийности. На основе собранной информации появится возможность накопления больших массивов данных для предиктивного анализа. Имеется возможность проанализировать работу БПЛА по осмотру вагонов как в режиме реального времени, так и автоматически в записи. Дополнительно БПЛА могут быть оснащены микрофоном для определения утечек воздуха акустическим способом и тепловизионным датчиком для выявления греющихся детали вагонов.

Предлагается также запрограммировать используемые в техосмотре вагонов БПЛА для защиты осматриваемого состава от внешнего вмешательства других враждебных летательных аппаратов, что в настоящее время имеет огромное государственное значение. В результате исследования были проведены эксплуатационные испытания различных моделей дронов, представленных на рынке. К участию были приглашены около 50 производителей и эксплуатантов беспилотников. В результате указанных исследований был сформирован минимально необходимый перечень требований к беспилотникам для восстановительных поездов, проведены конкурсные процедуры по выбору поставщика.



В службе Пути железных дорог России уже испытываются и применяются БПЛА. Они используются для работы ремонтно-восстановительных поездов и для инспекции железнодорожной инфраструктуры.

БПЛА также активно используются для обследования земляного полотна, контроля пропуска паводковых вод и для отслеживания слабых мест. Использование БПЛА позволяет сократить расходы на оплату труда, социальные отчисления и экипировку сотрудников, а при переходе на беспилотные технологии общие затраты на комиссионные осмотры станций могут снизиться примерно в три раза, а экономическая эффективность достигает 17,5 %. Технология осмотра вагонов с помощью БПЛА соответствует современным требованиям безопасности и законодательства РФ.

Существующие регуляторные ограничения не влияют на использование БПЛА с предлагаемыми характеристиками: взлетная масса БПЛА менее 0,15 кг, высота полета 1-1,5 м от уровня головки рельса, зона полетов ограничивается длиной состава поезда. Эти параметры позволяют не регистрировать БПЛА, также нет необходимости согласования их работы в службах безопасности, не требуется утверждать «План полета воздушного судна», и передавать получаемые от БПЛА данные в госорганы на проверку.

Использование БПЛА при осмотре вагона представляет собой трудную задачу в связи крайне малыми размерами мест для пролета в подвагонном пространстве. Отрицательные факторы внедрения БПЛА в технический осмотр вагонов тоже имеют место: это сложности интеграции с существующими ИТ-системами, скепсис и сопротивление персонала, высокие начальные инвестиции, необходимость обеспечения кибербезопасности и защиты данных, относительная метеозависимость. С точки зрения погодных условий БПЛА не способны качественно работать в экстремальных условиях: в сильные морозы или невыносимую жару (-50 $+45$ °C), эффективность их работы снижается. Если погодные условия неблагоприятны, сильный дождь или снегопад, БПЛА не может должным образом маневрировать и собирать точные данные.

Однако модели БПЛА постоянно улучшаются и в настоящее время даже под снегом, дождем, при сильном ветре и отсутствии освещения способны выполнять поставленные задания по качественному выявлению неисправностей вагонов.

В настоящее время приостановлены лицензионный, проверочный и другие способы государственного контроля (надзора) за деятельностью производителей и поставщиков оборудования, полностью введен запрет на проверки ИТ-компаний, что дает возможность ускоренному развитию беспилотной техники.



Возможные форматы реализации новой технологии осмотров вагонов БПЛА это: поставка и внедрение готовых решений «под ключ» (БПЛА + ПО + обучение персонала); SaaS-платформа для обработки и хранения данных осмотров; аренда БПЛА и сервисное обслуживание; консультационные услуги по интеграции в существующие бизнеспроцессы; пилотные проекты на отдельных депо или станциях.

Справедливости ради надо отметить, что некоторые технические операции осмотра вагонов потребуются изменить коренным образом: ощупывание деталей заменяется на тепловизионный контроль, меловая разметка на вагоне меняется на цифровой учет в электронных натурных листах, а простукивание молотком для выявления трещин компенсируется УЗК контролем.

Таким образом, внедрение БПЛА в процесс технического осмотра составов поездов имеет большие преимущества перед существующими технологическими процессами ПТО станций:

- сокращается потребность в большом штате осмотрщиков;
- существенное ускорение процесса осмотра грузовых поездов;
- операционная эффективность возрастает за счёт быстрого доступа к составу поезда и минимизации времени на подготовку и проведение осмотра;
- повышение качества и объёма данных для анализа и дальнейшего использования;
- БПЛА оснащаются камерами высокого разрешения, тепловизорами, толщиномерами, приборами УЗК и другими сенсорами, что обеспечивает сбор более точной и детализированной информации по сравнению с ручным осмотром;
- использование технологий искусственного интеллекта и автоматизированного анализа позволяет обнаруживать дефекты, которые могли бы быть пропущены при визуальном осмотре;
- безопасность и снижение рисков;
- операторы БПЛА могут работать удалённо, не подвергаясь воздействию неблагоприятных факторов среды;

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82862990_16054513.pdf

Светодиодное освещение и энергоэффективность объектов ОАО «РЖД»

Автор Арестова Е.С.

Приоритетные направления инновационной деятельности компании ОАО «РЖД» – усовершенствование имеющихся технических средств, ресурсосбережение, повышение энергоэффективности и экологическая политика.

Энергоэффективность и экологичность являются одними из первостепенных аспектов развития холдинга «РЖД», в том числе в обеспечении его конкурентных преимуществ на транспортном рынке. На сегодняшний день самыми энергоэффективными и инновационными по праву являются системы освещения на основе светодиодов.

Светодиодное освещение – один из ключевых факторов повышения энергоэффективности на объектах железнодорожной инфраструктуры. Данный вид освещения характеризуется долговечностью и продолжительным эксплуатационным сроком, поэтому отсутствует необходимость в замене такого рода ламп, что существенно влияет на стоимость эксплуатационных расходов.

Немаловажную роль этот фактор играет для железнодорожной отрасли, протяженность линий которой внушительна, а техническое обслуживание осветительных устройств, дистанцированных от железнодорожных станций, проблематично или эти осветительные установки находятся в отдаленных (труднодоступных) местах, где работа может быть опасной для жизни работников.

Энергоэффективность светодиодов может быть до пяти раз выше, чем у ламп накаливания и галогенных ламп. Постоянное развитие светодиодной технологии повышает энергоэффективность светодиодов по сравнению, например, с люминесцентными лампами. Компания ОАО «РЖД» – один из крупнейших энергопотребителей, ежегодно расходующий более 40 млрд кВт ч электроэнергии. Основной объем энергии уходит на электрическую тягу поездов (87 %). Второй по величине объем электроэнергии расходуется на освещение привокзальных площадей, железнодорожных путей, мостов, тоннелей, платформ, вокзалов, цехов, пассажирских и пригородных поездов и пр.

Преимущества светодиодного освещения для железнодорожных объектов многочисленны и весомы, рассмотрим некоторые из них:

- ощутимая экономия электроэнергии. Высокий результат светоотдачи у данных осветительных приборов достигается за счет того, что 80 % потребляемой энергии преобразуется в свет, и лишь 20 % приходится на тепло;
- продолжительный срок работы, который равнозначен 8-12 годам непрерывной эксплуатации (не зависит от частоты выключения и включения). Светодиоды имеют большой ресурс работы с минимальной потерей яркости свечения. Глобальная замена устоявшихся искусственных источников света на

светодиодные являлась бы недостижимой при непродолжительном значении такого параметра, как срок службы для LED устройства;

- относительно низкий нагрев. LED источниками выделяется небольшое количество тепла, следовательно, светодиоды почти не нагреваются при эксплуатации, что служит признаком надежной пожароустойчивости;

- большой температурный интервал работы. Вследствие высокой степени защиты от внешних агрессивных факторов, диапазон работы светодиодов составляет от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$;

- безвредность для здоровья человека и отсутствие негативного влияния на природу. В отличие от люминесцентных и галогенных ламп, светодиодные осветительные приборы не содержат в своем составе цинка и ртути;

- сравнительно небольшой вес. Имея малый вес и небольшие размеры, LED лампа способна вырабатывать мощный световой поток, при этом мощность потребления такого прибора минимальна;

- гибкость применения. На основе светодиодных технологий созданы различные варианты осветительных устройств, в том числе и для железной дороги, такие как прожекторы для жестких поперечин, гирлянды, лампы;

- стойкость к вибрациям и ударам. Вибрация на производстве РЖД может негативно влиять на элементы инфраструктуры (технические средства), что приводит к непродолжительному сроку эксплуатации традиционных источников света;

- отсутствие мерцания света. То есть степень мерцания источника света, раздражающего и искажающего зрение человека, равна нулю, что играет немаловажную роль при выполнении работ, перевозке грузов и пассажиров работниками ОАО «РЖД»;

- безынерционность. LED технология характеризуется мгновенным включением и выключением, нет задержек, свойственных другим источникам света. Данная технология устойчива к частым циклам переключений и изменению яркости света, что позволяет избежать негативного влияния на срок службы и стабильность работы такого устройства.

Таким образом, ключевые достоинства LED освещения заключаются в высокой энергетической эффективности, длительном эксплуатационном периоде, широком ассортименте исполнений и надежной защищенности от всех видов потенциальных угроз.

LED система, будучи экологически безопасной, приносит не только экономию материальных и трудовых ресурсов, но и не требует затрат на демеркуризацию – утилизацию ртути содержащих ламп в специализированных организациях по договорам на коммерческой основе.

Экономическое преимущество внедрения светодиодных систем складывается непосредственно из снижения энергопотребления в среднем на 35-40 % с одной световой точки. На протяжении всего периода эксплуатации (LED-светильники) не потребуют дополнительных вложений, потому что могут обходиться без ремонта и обслуживания. Безусловно, использование светодиодного освещения на железнодорожном

транспорте показывает свою перспективность и необходимость перехода к полномасштабному внедрению.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82798560_13460366.pdf

Интеллектуальные алгоритмы централизованного управления и их применение на железных дорогах КНР

Авторы Иконников С.Е., Мао Цзэчэнь

Железнодорожная система Китая, являющаяся крупной и сложной мировой сетью железнодорожного транспорта, в настоящее время переживает коренную трансформацию от «высокоскоростного роста» к «интеллектуальной модернизации».

Современная система управления движением охватывает 98% магистральных железных дорог Китая, ключевые показатели эффективности такой системы: минимальный интервал отслеживания, задержка команд планирования, способность прогнозировать конфликты, время реагирования на чрезвычайные ситуации.

В настоящее время интеллектуальная система управления движением, построенная на основе централизованной диспетчерской системы, достигла эффективного использования ресурсов пропускной способности железнодорожной сети и обеспечения гарантии безопасности перевозок благодаря трехуровневому механизму замкнутого цикла: «принятие решений на основе данных, алгоритмическая динамическая оптимизация и точное исполнение команд напольными устройствами и оборудованием».

Китайская система управления железнодорожным движением основана на совместной архитектуре «центр – регион – станция» в качестве ядра, образуя трехуровневый механизм связи.



Центральный уровень принятия решений (облако) развернут в диспетчерском и командном центре China Railway Group, он объединяет данные 18 железнодорожных бюро по всей стране и создает цифрового двойника всей дорожной сети. Этот уровень обрабатывает 107 ежедневных диспетчерских инструкций с помощью кластеров квантовых вычислений и дискретизирует 150 000 км пути на $1,2 \times 10^9$ виртуальных единиц с помощью пространственно-временной модели сетки для динамического ценообразования ресурсов и прогнозирования конфликтов. Типичные примеры показывают, что этот уровень может завершить реконфигурацию схемы движения поездов, например, для всей высокоскоростной железнодорожной линии Пекин Шанхай в течение 5 секунд.

Пограничные вычислительные узлы регионального исполнительного уровня (Edge) установлены в каждом железнодорожном бюро и оснащены чипами искусственного интеллекта Cambrian серии MLU для локализованного принятия решений в режиме реального времени.

Синергия моделей между бюро достигается благодаря технологии национального обучения, например, железнодорожная группа Гуанчжоу и бюро Наньчан делятся опытом диспетчеризации проезда ЮэГань, что повышает пропускную способность зоны на величину свыше 20%. Задержка отклика пограничного уровня строго контролируется в пределах 500 мс для обеспечения своевременного устранения аварийных ситуаций.

На терминальном уровне обратной связи (бортовом/прирельсовом) интеллектуальный подвижной состав, оснащенный модулем связи 5GR, в режиме реального времени загружает более 200 параметров, таких как позиционирование на уровне сантиметров (точность Beidou III ± 10 см) и потребление энергии тяги.

Сеть волоконно-оптических датчиков со стороны пути отслеживает деформацию пути с плотностью 1 узел на 200 м (точность 0,01 мм), частота выборки данных 10 Гц. Данные за 2024 год показывают, что коэффициент полноты загрузки данных на терминальном уровне достигает 99,992 %.

Для преобразования алгоритмической схемы рекомендаций в трехмерную пространственно-временную карту была разработана визуальная система поддержки принятия решений (VDSS). Диспетчеры могут перетаскивать временную шкалу, чтобы просмотреть состояние дорожной сети в ближайшие 15 минут и вручную корректировать весовые коэффициенты, чтобы вернуть их в модель для оптимизации в замкнутом цикле.

Практика Бюро Чэнду показала, что система VDSS повышает эффективность принятия решений в сложных сценариях на 58% и сокращает цикл обучения новых диспетчеров на 42%. Анализ показывает, что трехуровневая система управления железнодорожным движением обеспечивает реализацию большого объема перевозок на железнодорожном транспорте КНР.

Основой выбора решения при построении системы являлась выработка критерия качества управления, разработка имитационной модели линии, на которой апробировалось принятое решение. Необходимыми дальнейшими решениями является совершенствование методов защиты информации в интеллектуальной системе управления.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83173376_65247170.pdf

Проблематика выработки новых подходов к организации доставки грузов

Авторы Царегородцева Е.Ю., Блинов Н.А.

Формирование современных подходов к логистике по доставке груза является актуальной задачей, поскольку из-за быстрого развития технологий наблюдается повышение требований к скорости и качеству грузоперевозок. При этом разработка и внедрение новых подходов в организации доставки груза являются актуальной темой именно потому, что многие компании эффективно справляются с вызовами современной экономической ситуации, обеспечивая надлежащее качество обслуживания потребителей, поддерживая конкурентоспособность и создавая условия для устойчивого развития логистических бизнес-процессов.

Современные подходы к доставке груза ориентированы на повышение скорости, надежности и экологической устойчивости, а также на максимальную адаптацию под требования клиентов. Это позволяет транспортно-логистическим компаниям сохранять конкурентоспособность в условиях постоянных изменений рынка.

Развитие логистической системы становится с каждым годом все более непредсказуемым и сложным, поскольку маршруты становятся длиннее, география увеличивается, требования к перевозке грузов повышаются. Все это ведет, в свою очередь, к сложностям, которые связаны с хранением, обработкой, документальными оформлениями, при этом с контролем качества доставки, что делает необходимой разработку новых методик и инструментов для качественного управления перевозочными процессами.

Таким образом, новые направления по доставке различных грузов активно формируются в ответ на современные технологические, экономические и социальные тренды. При этом грузоотправители сталкиваются с трудностями в перевозочном процессе. Формирование эффективной системы доставки грузов связано с определенными ключевыми проблемами, которые требуют определенных решений.



Новые направления в области доставки груза активно формируются в ответ на современные технологические, экономические и социальные тренды. Преимущества цистерн нового поколения:

- увеличение объема погрузки при сохранении длины поезда (до 14% дополнительного объема вывоза нефтяных грузов);
- снижение стоимости перевозки 1 т груза (стоимость сопоставима со стоимостью перевозки в типовых вагонах или ниже);
- соответствие габаритам наливных эстакад (соблюдение шага эстакад слива/налива нефтепродуктов);
- универсальное применение (подходят для светлых и темных нефтепродуктов).

Помимо всего, следует внедрить инновационные направления по доставке грузов, которые включают автономные транспортные средства, применение умных контейнеров с упаковкой, экологического транспорта с использованием блокчейн-технологий для полного контроля цепи поставок.



Представленные инновационные направления позволяют повысить эффективность и скорость доставки, а также сделать логистические процессы более экологичными и адаптивными к новым условиям рынка.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83097261_46757180.pdf

Перспективы внедрения беспилотного движения грузовых поездов

Авторы Бушуев С.В., Попов А.Н.

Развитие технологий искусственного интеллекта, в том числе технического зрения, достигло уровня, достаточного для практического

применения. Наиболее перспективным видится внедрение технического зрения в транспортной отрасли, особенно для организации беспилотного движения. Однако, уже сегодня очевидно, что широкое использование беспилотных транспортных средств требует решения ряда проблем, в том числе и научных, формулировка и уточнение которых является актуальной задачей.

Среди решений в области беспилотного движения железнодорожного транспорта следует отметить следующие проекты. Технология компании Parallel, основанной в январе 2020 г, предлагает концепцию, предусматривающую использование беспилотных моторных тележек с тяговыми аккумуляторными батареями для транспортировки стандартных морских контейнеров. Тележки обеспечивают перемещение контейнеров на расстояние до 800 км без подзарядки. Они оборудованы системами управления и машинного зрения для обнаружения препятствий и позиционирования.



Возможно объединение от 10 до 50 беспилотных рельсовых экипажей при помощи виртуальной сцепки в одну колонну, что способствует уменьшению аэродинамического сопротивления движению и более эффективному использованию пропускной способности железнодорожной инфраструктуры.

Проект Autohaul горнодобывающей компании Rio Tinto, объявленный в июне 2019 года успешно завершенным, предусматривает автоведение тяжеловесных поездов с уровнем автоматизации GoA4 – без машиниста на борту, на железнодорожной сети протяженностью 1700 км. По этой сети осуществляется перевозка железной руды из 16 шахт в 4 терминала двух портов на западном побережье Австралии. Каждый поезд оборачивается в среднем за 40 часов, включая время погрузки и выгрузки, преодолевая в среднем расстояние 800 км. Погрузка и разгрузка выполняется в автоматическом режиме, ручное управление с участием машиниста используется только при следовании по территории порта.

Робот VLEX на комбинированном ходу, разработанный компанией Volert, предназначен для выполнения маневровых работ с составом массой до 600 т, со скоростью до 6 км/ч. Робот имеет полный привод с четырьмя колёсами с электродвигателями постоянного тока мощностью до 12,5 кВт. Электропитание осуществляется от аккумулятора.



В рамках программы цифровизации железных дорог Германии Digitale Schiene Deutschland (DSD) по проекту Automated Train переоборудовано три моторвагонных пассажирских поезда Alstom BR 430 для беспилотного движения, которые в автоматическом режиме осуществляют трогание с места, разгон, торможение и остановку. Поезда эксплуатируются на одной линии совместно с поездами, управляемыми машинистами.

Отечественный опыт организации беспилотного движения грузовых поездов представлен проектами беспилотных маневровых локомотивов на станции Лужская и беспилотного электропоезда ласточка.

Впервые беспилотный электропоезд «Ласточка» представлен в августе 2019 года, демонстрация состоялась на испытательном кольце в Щербинке. В 2024 году беспилотная «Ласточка» принята в эксплуатацию на Московском центральном кольце. Движение поезда осуществляется в беспилотном режиме, но машинист находится в кабине для контроля, а также открывает и закрывает двери (уровень автоматизации GoA3).

Таким образом, беспилотное движение поездов представлено единичными проектами, широко не тиражируемыми на сетях железных дорог. Скорость развития беспилотного движения поездов связано с количеством и качеством получаемых от него эффектов, от соотношения затрат на организацию беспилотного движения и получаемых выгод.

Все имеющиеся эффекты от беспилотного движения можно разделить на две группы:

– новые эффекты, которые могут быть получены только за счет беспилотного движения, а также улучшение показателей для имеющихся эффектов.

Новые эффекты, связанные с исключением человека из кабины локомотива:

– уменьшение габаритов и массы транспортных средств из-за возможностей для изменения конструкций в результате пересмотра требований к конструкции подвижного состава;

– изменение технологии управления за счет появления возможностей эксплуатации транспортных средств в условиях, недопустимых или нежелательных для нахождения человека, а также исключения физиологических возможностей человеческого организма из числа факторов, ограничивающих продолжительность безостановочного движения транспортных средств.

Кроме того, широкое внедрение беспилотного транспорта предполагает решения ряда научных проблем. Наиболее значимая проблема массового внедрения беспилотных поездов, в том числе грузовых – отсутствие общепринятого порядка действий (реакции) системы управления автономного поезда при обнаружении препятствия.

Основной функцией автономной бортовой системы технического зрения является обнаружение и классификация объектов на определенном расстоянии для предотвращения столкновений и определения потенциально опасных ситуаций во время движения поезда. Объекты, представляющие опасность для движения, находятся на рельсах или в габарите приближения.

Поэтому автономная бортовая система должна включать функции:

- обнаружения рельсов;
- обнаружения объектов на рельсах и в габарите приближения;
- оценки расстояния между обнаруженным объектом и поездом.

Функции системы управления автономным поездом расширены: обнаружение препятствий, оценка расстояния, определение области интереса (ROI – RegionOf Interest), прогнозирование траектории движения препятствия, распознавания намерений пешеходов.

Обобщая, препятствие для движения железнодорожного подвижного состава, можно определить, как объект, требующий реакции (остановки или снижения скорости) системы управления, не предусмотренной графиком движения. Отмечают отсутствие общепризнанных метрик производительности технических систем в части обнаружения препятствий.

Эталонных значений для оценки расстояния и определения железнодорожного пути человеком не существует. Получены только некоторые значения для эффективности обнаружения препятствий.

Необходимость обнаружения препятствий автономными поездами не ограничивается визуальным каналом, необходимо обнаруживать возникновение физического контакта поезда с различными объектами, а также различные звуковые сигналы. Однако, данное направление – обеспечение

мультимодальности систем управления автономными поездами находится на начальной стадии исследований. Основными направлениями решения проблемы реакции на появление препятствия видятся – сокращение тормозных путей грузовых поездов и увеличение расстояния обнаружения препятствия.

Сокращение тормозных путей для существующих способов торможения возможно за счет уменьшения массы грузовых поездов на основе новых подходов к их формированию. Сокращение тормозного пути менее расстояния обнаружения препятствий системой технического зрения позволит обеспечить своевременную остановку.

Другое решение – увеличение расстояния, на котором определяются препятствия. Концепция системы SMART2 включает три типа подсистем обнаружения: бортовые, путевые и установленные на дроны. Все три подсистемы интегрированы в целостную систему обнаружения препятствий и несанкционированного доступа и объединены с различными железнодорожными системами, что позволяет полностью контролировать участок движения поездов. В целом, несмотря на наличие путей решений и проработку отдельных вопросов, требования к реакции автономного поезда на обнаруженные препятствия в рассмотренных работах окончательно не сформулированы.

Внедрение беспилотного движения требует решения вопросов обеспечения интероперабельности существующего подвижного состава и инфраструктуры с беспилотными поездами, а также беспилотных поездов между собой. Под интероперабельностью понимается способность нескольких информационных систем или компонентов к обмену информацией и использованию информации, полученной в результате обмена. Интероперабельность – свойство различных компонентов системы беспрепятственно обмениваться информацией между собой, правильно интерпретировать полученную информацию и эффективно ее использовать для решения целевых задач.

Для решения задач технического уровня обеспечения интероперабельности особую актуальность представляют каналы и системы цифровой связи. Задачи семантического уровня предполагают одинаковую интерпретацию передаваемой информации, в том числе системами искусственного интеллекта и технического зрения.

Для широкого внедрения технологии беспилотного движения отмечается необходимость построения цифровой модели пути, а также цифровых полигонов и моделей для тестирования беспилотных систем. Стандартизация систем технического зрения требует наличия открытых эталонных наборов данных для обучения и подтверждения правильности функционирования систем. В источниках описано несколько существующих наборов данных RailSem19, FRSign, RAWPED, RailDB, RailSet, GERALD, OSDaR23 – отображающих зарубежную инфраструктуру.

Широкое внедрение беспилотного движения в практику требует объединения цифровых и аналоговых компонентов, интеграцию вычислений и абстрактных моделей с физическими процессами в единую систему, что невозможно без специального математического аппарата.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83097625_32330758.pdf

Роботизация на железнодорожном транспорте

Авторы Долгий А.И., Хатламаджиян А.Е., Озеров А.В., Бочков А.В.

Современные роботизированные системы на железной дороге все чаще используют искусственный интеллект и компьютерное зрение, что существенно увеличивает их функционал и производительность. Внедрение этих технологий в диагностику и техническое обслуживание создает новые возможности для автоматизации процессов, которые раньше требовали больших трудозатрат. В основе таких систем лежат продвинутое алгоритмы машинного обучения, способные обрабатывать визуальные данные в режиме реального времени и принимать решения на основе обнаруженных закономерностей.

Применение компьютерного зрения в железнодорожной робототехнике демонстрирует особую эффективность в задачах контроля состояния инфраструктуры. Системы на основе этой технологии, такие как китайские разработки RIIS1005 и Guimu Robot, успешно справляются с обнаружением дефектов рельсового полотна, включая трещины, износ поверхности катания и геометрические отклонения. Эти роботы оснащены высокоточными сенсорами и камерами, которые позволяют проводить детальный анализ состояния пути с точностью до миллиметра.

Искусственный интеллект в робототехнических комплексах выполняет несколько ключевых функций. Во-первых, алгоритмы глубокого обучения позволяют системам самостоятельно классифицировать обнаруженные дефекты по степени их критичности. Во-вторых, нейронные сети обеспечивают адаптацию работы роботов к изменяющимся условиям эксплуатации. В-третьих, технологии предиктивной аналитики на основе ИИ дают возможность прогнозировать развитие выявленных повреждений и рекомендовать оптимальные сроки проведения ремонтных работ.

Робот для инспекции железных дорог RIIS1005 выполняет комплексный высокоточный мониторинг состояния железнодорожной инфраструктуры, в первую очередь рельсового полотна. Особого внимания заслуживает опыт применения этих технологий в диагностике подвижного состава. Роботизированные системы, такие как ARGO 2.0 (Италия) и ANYmal (Швейцария), демонстрируют высокую эффективность при осмотре ходовых частей вагонов и локомотивов.



Их алгоритмы компьютерного зрения способны идентифицировать даже микротрещины и начальные стадии износа деталей, что практически невозможно при визуальном осмотре человеком. Такие системы способны накапливать и анализировать данные на протяжении длительного времени, что позволяет выявлять закономерности и прогнозировать потенциальные сбои и отказы оборудования.

Мобильные роботизированные платформы используют лидары, стереокамеры и алгоритмы SLAM для адаптации к сложной инфраструктуре железных дорог и точного позиционирования. Технологии ИИ и компьютерного зрения совершенствуют алгоритмы обработки изображений с целью повышения точности и скорости анализа обстановки, повышают уровень интеграции с другими перспективными решениями, включая цифровые двойники и компоненты интернета вещей, что позволяет создавать более комплексные системы мониторинга и управления.

Внедрение технологий предиктивной аналитики кардинально меняет традиционные подходы к техническому обслуживанию, трансформируя его из планово-предупредительного в прогнозно-прескриптивное. Современные предиктивные системы на железнодорожном транспорте используют комплексный анализ множества параметров, включая вибрационные характеристики подвижного состава, температурные режимы работы узлов и агрегатов, данные о нагрузках условиях эксплуатации. Например, система AutoScan, разработанная в рамках европейской программы HORIZON 2020, демонстрирует эффективность в выявлении микротрещин рельсов на ранних стадиях их образования.

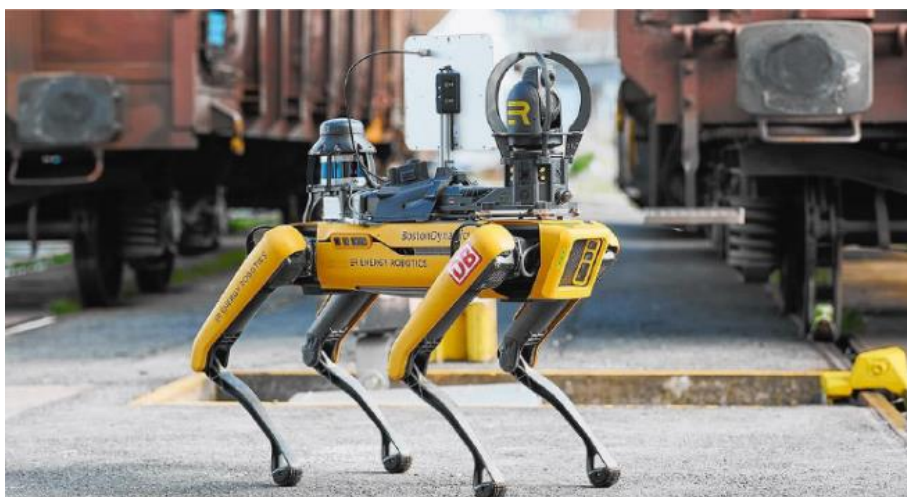
Перспективным направлением является создание цифровых двойников железнодорожной инфраструктуры, позволяющих не только прогнозировать износ, но и моделировать различные сценарии эксплуатации, оценивая их влияние на долговечность оборудования.

Современные платформы, такие как разрабатываемые китайским холдингом Cainiao Smart Logistics, объединяют данные предиктивного

мониторинга с логистическими системами, что позволяет автоматически формировать заявки на необходимый ЗИП и оптимизировать его доставку к месту будущего ремонта.

Автономные мобильные роботы представляют собой качественно новый этап развития робототехники для железнодорожного транспорта, сочетающий передовые технологии навигации, искусственного интеллекта и мехатроники.

Биоморфные роботы представляют собой сложные технические системы, которые повторяют строение и функциональные возможности, присущие животным. Согласно ГОСТ Р 60.2.0.3-2022 1, к ним относятся сервисные роботы, способные воспринимать внешнюю среду, взаимодействовать с внешними объектами, регистрировать и контролировать собственное состояние, анализировать поступающую информацию, принимать решения, передавать информацию, а также использовать различные способы передвижения, характерные для живых организмов. Ярким примером таких решений являются роботы-собаки, которые уже активно демонстрируют свои возможности в различных отраслях, включая железнодорожный транспорт.



Spot способен самостоятельно перемещаться по путям и спускаться в смотровые канавы, используя камеры, датчики и алгоритмы искусственного интеллекта для выявления дефектов.

Таким образом, биоморфные роботы, несмотря на текущие ограничения, представляют собой перспективное направление для автоматизации задач технического обслуживания и диагностики на железнодорожном транспорте, особенно в условиях, где требуется мобильность, адаптивность и способность работать в сложной окружающей среде.

Роботизированный комплекс Autonomous Transportable Inspection Trolley, разработанный по заказу компании RFI, обслуживающей инфраструктуру железных дорог Италии, обеспечивает проведение комплексного мониторинга состояния железнодорожного пути, включая контроль геометрических параметров рельсового полотна, выявление поверхностных дефектов и оценку состояния балластного основания.

В сфере логистики автономные мобильные платформы открывают новые возможности. Примером служит проект Pin Handling mR, реализуемый немецкой компанией HamburgerHafen und Logistik AG совместно с исследовательским центром Института Фраунгофера.



Перспективным направлением является разработка роботизированных комплексов для диагностики контактной сети. Немецкая компания Siemens Mobility совместно с норвежской Railway Robotics создала робота Railchar, специализирующегося на осмотре стрелочных переводов.



Китайские строительные компании демонстрируют впечатляющие результаты в автоматизации процессов укладки путей, где специализированные роботизированные комплексы достигают производительности до 2 км пути в сутки. Эти системы работают

круглосуточно, выполняя операции по выравниванию, укладке и фиксации рельсов с точностью до миллиметра.

Особого внимания заслуживает автоматизация монтажа контактной сети, где роботы-манипуляторы с системами технического зрения самостоятельно размещают и закрепляют элементы подвески. Алгоритмы распознавания изображений позволяют точно позиционировать компоненты даже в сложных погодных условиях, при этом несколько роботов могут работать согласованно над одной задачей.

В области ремонта и обслуживания путей немецкая компания Robel Rail Automation представила революционную систему на базе промышленных роботов FANUC. Этот комплекс способен выполнять полный цикл ремонтных работ, включая сварку, фрезерование и шлифовку рельсов, с высочайшей точностью. Особенностью системы является ее способность автоматически обнаруживать внутренние и внешние дефекты и выбирать оптимальный метод восстановления.



Отдельного внимания заслуживают разработки в области покраски и антикоррозийной обработки подвижного состава. Китайская компания Hubei Sanjiang Boli создала робота SIMAN-20C, способного выполнять полную покраску вагонов как снаружи, так и изнутри. Длинный манипулятор робота обеспечивает доступ ко всем участкам поверхности, а специальные алгоритмы управления позволяют наносить лакокрасочные материалы равномерным слоем.

В стратегической перспективе развитие роботизации железнодорожного транспорта определяет переход к новой парадигме управления инфраструктурой, базирующейся на принципах предиктивного технического обслуживания и адаптивного управления, что позволит повысить эффективность эксплуатации и обеспечить устойчивость транспортных систем к внешним и внутренним вызовам.

Совместное развитие робототехники, искусственного интеллекта и интернета вещей создаст условия для перехода к полностью автономным

системам, способным самостоятельно принимать решения в рамках заданных параметров. Эти изменения потребуют соответствующей эволюции нормативно-правовой базы, систем сертификации подходов к обеспечению кибербезопасности, что станет важным фактором устойчивого развития отрасли в условиях цифровой трансформации.

Современные технологические достижения демонстрируют, что использование искусственного интеллекта, компьютерного зрения и предиктивной аналитики позволяет роботам выполнять сложные задачи с высокой точностью.

Международный опыт свидетельствует о том, что лидеры в области роботизации, включая Китай, Японию, Южную Корею и страны ЕС, активно внедряют робототехнические решения. Согласно данным World Robotics за 2024 год, Китай сохраняет лидерство по количеству промышленных роботов, тогда как Европа демонстрирует устойчивый рост автоматизации в железнодорожной отрасли. Перспективы развития отрасли связаны со снижением затрат через унификацию компонентов и организацию их массового производства. Важную роль сыграет совершенствование ИИ-алгоритмов для повышения точности диагностики и адаптивности роботов.

Подводя итог, можно констатировать, что роботизация железнодорожного транспорта находится на этапе активного развития. Ее дальнейшее внедрение будет определяться сочетанием технологического прогресса, экономической целесообразности и регуляторной поддержки.

Наиболее перспективными направлениями развития остаются автономные диагностические системы для мониторинга инфраструктуры, роботизированная логистика, включая краны, погрузчики и сортировочные системы, а также ИИ-ассистированные решения для прогнозирования аварий и оптимизации ремонтов. Таким образом, роботизация железных дорог представляет собой не просто временный тренд, а закономерный этап технологической эволюции, который в ближайшие годы способен привести к кардинальным преобразованиям всей отрасли.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83097622_42840554.pdf

Технологии высоких скоростей в железнодорожном транспорте

Авторы Алиев В.А., Озеров А.В., Бочков А.В.

Современный этап развития транспортных систем характеризуется стремительным прогрессом в области высокоскоростного железнодорожного транспорта (ВСМ), где технологические инновации становятся ключевым фактором повышения эффективности, безопасности и экологичности перевозок.

Китайская модель развития ВСМ представляет собой комплексный подход, объединяющий передовые инженерные решения, цифровизацию, применение искусственного интеллекта и роботизацию. Китай создал крупнейшую в мире сеть высокоскоростных железных дорог. Развитие

высокоскоростного железнодорожного транспорта в Китае демонстрирует значительные достижения в области подвижного состава, где ключевым направлением стало создание инновационных электропоездов, сочетающих высокую скорость, энергоэффективность и безопасность.

На XII Всемирном конгрессе по высокоскоростному железнодорожному транспорту были представлены прототипы электропоездов CR450, разработанные на основе автономной платформы «Фусин». Эти поезда способны развивать скорость до 450 км/ч, что подтверждено испытаниями на участке Ухань – Ичан. Важным аспектом является снижение общего веса поезда на 10% по сравнению с предыдущими моделями, достигнутое за счёт использования углеродного волокна в конструкции кузова. Это не только уменьшило нагрузку на ось до менее чем 14,5 т, но и улучшило аэродинамические характеристики на 22%, что напрямую влияет на энергопотребление. Последнее удалось снизить на 20%, до 22 кВтч/км при скорости 400 км/ч, что делает эти поезда одними из самых экономичных в мире. Помимо технических характеристик, внимание было уделено комфорту пассажиров. Эти инновации делают китайские высокоскоростные поезда не только быстрыми и безопасными, но и комфортными для длительных поездок.



Развитие высокоскоростного железнодорожного транспорта в Китае сопровождается созданием сложных интеллектуальных систем управления, обеспечивающих безопасность движения на постоянно возрастающих скоростях. Национальная система управления движением поездов CTCS, разработанная на основе адаптированной европейской платформы ERTMS/ETCS, представляет собой комплексное решение, интегрирующее рельсовые цепи и цифровую радиосвязь. Особенностью китайской системы стало сохранение гибридного принципа передачи информации, где наряду с радиоканалом GSM-R активно используются рельсовые цепи, что обеспечивает повышенную надежность на скоростях до 400 км/ч.

Совершенствование систем управления движением сопровождается масштабным переходом на технологии нового поколения. В настоящее время ведется активная работа по внедрению стандарта 5G-R, который должен заменить устаревающий GSM-R. Для новой системы уже выделена частота 2,1 ГГц, разработаны технические требования, и ведутся испытания оборудования при участии ведущих телекоммуникационных компаний, включая Huawei. Особое внимание уделяется вопросам технологического наполнения нового стандарта – рассматриваются возможности передачи диагностических данных в реальном времени, реализации автоматизированного управления поездами и организации виртуальной сцепки составов. Переход на 5G-R планируется завершить к 2026 году, что позволит значительно увеличить пропускную способность каналов связи и улучшить параметры безопасности.

Важным направлением развития стало повышение уровня автоматизации управления. Внедрение алгоритмов искусственного интеллекта позволяет оптимизировать графики движения, повысить энергоэффективность управления поездами и автоматизировать процессы посадки пассажиров.

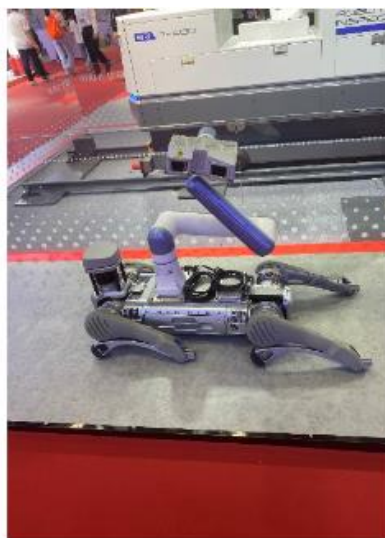
Использование систем технического зрения для контроля «слепых зон» и распознавания аварийных ситуаций на путях значительно повышает безопасность движения. Особого внимания заслуживает интеграция систем управления с облачными платформами обработки данных, что обеспечивает принципиально новый уровень взаимодействия между подвижным составом и диспетчерскими центрами.

Современные системы диагностики и мониторинга китайских высокоскоростных железных дорог представляют собой комплексную многоуровневую структуру, объединяющую стационарные и мобильные средства контроля, роботизированные комплексы и технологии дистанционного зондирования. В основе этой системы лежит принцип постоянного мониторинга всех критически важных элементов инфраструктуры и подвижного состава, что позволяет перейти от планово-предупредительного обслуживания к предиктивной модели, основанной на точных прогнозах состояния оборудования. Каждый высокоскоростной поезд оснащается более чем тремя тысячами датчиков, непрерывно фиксирующих параметры работы всех систем – от состояния ходовой части до показателей токоприёмников и противопожарного оборудования. Эти данные в режиме реального времени передаются в единый центр мониторинга, где анализируются с использованием алгоритмов искусственного интеллекта, способных выявлять малейшие отклонения от нормативных показателей.

Особое место в системе контроля занимают мобильные диагностические комплексы, среди которых выделяется высокоскоростной инспекционный поезд CIT450, способный на скорости до 450 км/ч проводить комплексную проверку более ста параметров железнодорожной инфраструктуры. Внедрение искусственного интеллекта и роботизированных систем стало ключевым фактором технологического превосходства китайских

высокоскоростных железных дорог. Роботизация производственных процессов достигла невиданных масштабов.

На выставке MODERN RAILWAYS 2025 были представлены десятки специализированных роботов – от антропоморфных манипуляторов для тонкой настройки оборудования до автономных платформ для диагностики контактной сети. Эти системы способны работать в условиях высокого напряжения и сложных погодных условий, заменяя человека на опасных участках. Особый интерес вызывают роботизированные комплексы для обслуживания подвижного состава, которые с помощью компьютерного зрения и тактильных сенсоров выявляют микротрещины в узлах и деталях, не доступные человеческому глазу.



В сфере проектирования искусственный интеллект совершил настоящую революцию. Нейросетевые алгоритмы научились автоматически генерировать BIM-модели на основе технической документации и данных лазерного сканирования, сокращая трудозатраты на 85%. Эти системы не просто копируют существующие решения, но и оптимизируют конструкции, предлагая инженерные решения с улучшенными прочностными и аэродинамическими характеристиками. Аналитические модули на базе ИИ обрабатывают петабайты данных о работе оборудования, выявляя скрытые закономерности и предлагая пути повышения эффективности.

Синергия искусственного интеллекта и робототехники создает принципиально новую парадигму эксплуатации железных дорог, где ключевые решения принимаются автономными системами, а человек выполняет лишь контролирующие функции.

Китайские разработки в этой области задают новые стандарты для мировой железнодорожной отрасли, показывая, как цифровые технологии могут трансформировать традиционные транспортные системы.

Фундаментом технологического лидерства Китая в области высокоскоростного железнодорожного транспорта стала уникальная исследовательская инфраструктура, создаваемая на протяжении десятилетий.

Китайский национальный испытательный центр железных дорог в Пекине, наследующий лучшие традиции советской школы железнодорожных исследований, представляет собой грандиозный комплекс, включающий два специализированных испытательных кольца общей протяженностью 9 километров. Эта уникальная лаборатория под открытым небом дополняется десятками специализированных исследовательских центров, оснащенных самым современным оборудованием для тестирования всех элементов железнодорожной системы – от пантографов и контактной сети до спутниковых навигационных систем.



Китайская академия железнодорожных наук (CARS) превратилась в мощный научно-производственный холдинг, объединяющий 22 исследовательских института и 60 высокотехнологичных предприятий. Этот уникальный симбиоз фундаментальной науки и прикладных разработок позволяет осуществлять полный инновационный цикл – от теоретических изысканий до серийного производства.

Проведенный анализ развития высокоскоростного железнодорожного транспорта в Китае демонстрирует впечатляющий пример того, как системный подход к технологическому развитию может привести к трансформации целой отрасли. Китайский опыт убедительно доказывает, что успех в области высокоскоростных перевозок достигается не через отдельные технологические прорывы, а благодаря комплексной модернизации всех элементов транспортной системы – от подвижного состава до управленческой инфраструктуры. Особую ценность представляет созданная в Китае модель инновационного развития. Ключевым достижением китайской железнодорожной отрасли стало не просто создание скоростных поездов, а формирование целостной экосистемы, в которой передовые инженерные решения сочетаются с цифровыми технологиями нового поколения.

Внедрение искусственного интеллекта, роботизации и предиктивной аналитики переводит высокоскоростной транспорт на качественно новый уровень, превращая его в интеллектуальную самообучающуюся систему. При

этом особого внимания заслуживает китайский подход стандартизации и защите интеллектуальной собственности, который позволяет стране не только осваивать передовые технологии, но и формировать собственные технологические стандарты мирового уровня.

Перспективы дальнейшего развития высокоскоростного железнодорожного транспорта в глобальном масштабе во многом будут определяться тем, насколько успешно другие страны смогут адаптировать и творчески переработать китайский опыт с учетом своих национальных особенностей.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83097624_12488076.pdf

Обзор исследований и практика эксплуатации поездов на магнитной подушке

Авторы Варламов А.В., Емельянов А.С., Петрова У.И.

Для индустриально развитых стран мира повышение скорости движения всех видов транспорта всегда было одним из основных вопросов. Повышение скорости на железных дорогах необходимо для ускорения перевозок пассажиров и грузов, что связано с требованиями улучшения эффективности общественного производства и повышения производительности труда.

Для реализации потенциала высокоскоростного движения активно исследуются и разрабатываются новые технологии. Одним из самых перспективных направлений является технология «Маглев». Название «Маглев» происходит от словосочетания «магнитная левитация». Данная технология представляет собой метод высокотехнологичного передвижения, использующий для перемещения транспортных средств магниты, а не колеса, оси и подшипники. В целом, эти поезда демонстрируют превосходство над обычными колесными системами общественного транспорта в плане плавности хода и акустического комфорта.

Исключение механической тяги и силы трения обеспечивает более высокие показатели ускорения и замедления, а также устойчивость к неблагоприятным погодным условиям. В высокоскоростных колёсных системах износ, обусловленный трением и эффектом «удара» колёс о рельсы, провоцирует ускоренное разрушение элементов. Это, в свою очередь, снижает потенциал для стабильного достижения высоких скоростей механическими системами.

Несмотря на очевидные преимущества высокоскоростного железнодорожного транспорта, такие как комфорт и быстроту сообщения между удаленными городами, опасения по поводу экономической целесообразности и высокой стоимости строительства, особенно в контексте электромагнитных технологий, мешают его широкому внедрению в таких странах, как США и Австралия.

Разработка технологии «Маглев» продолжается уже несколько десятилетий, и на начальных этапах в этой области лидировали Германия и

Япония. Однако в последние годы Китай значительно продвинулся в этой сфере, став одним из ведущих лидеров в области исследований и практического применения технологии «Маглев». Вклад китайских учёных и инженеров в прогресс технологий EMS (электромагнитная подвеска) и EDS (электродинамическая подвеска) весьма существенен. Шанхайский маглев (Transrapid), эксплуатируемый в Китае с 2002 года, является важным примером практической реализации технологии EMS и предоставляет ценные данные для дальнейших исследований и разработок.



Шанхайский маглев является третьим в мире высокоскоростным поездом на магнитной подвеске, введённым в коммерческую эксплуатацию после лондонской линии AirRail Link, запущенной в 1984 году, и берлинского MBahn, стартовавшего в 1989 году. Это первая коммерческая система на магнитной подвеске в Китае и единственная в мире, которая продолжает функционировать. Она охватывает 29,8 км и проходит от центра Шанхая до международного аэропорта Пудун, при этом максимальная скорость поезда достигает 431 км/ч. Однако встает один из самых обсуждаемых вопросов – целесообразность внедрения высокоскоростных систем в городской среде.

Основным достоинством высокоскоростного маглева является его скорость. Ускорение поездок между удалёнными частями мегаполиса или пригородами может значительно изменить повседневную жизнь жителей. Кроме того, внедрение высокоскоростного маглева – далеко не простая задача. Основная проблема заключается в высокой стоимости как строительства, так и эксплуатации. Затраты могут быть колоссальными и не всегда оправданными, особенно при наличии более приоритетных направлений развития городской инфраструктуры. Высокие скорости требуют бескомпромиссной безопасности. Несмотря на то, что маглев считается одним из самых безопасных видов транспорта, даже минимальная вероятность аварии может привести к серьёзным последствиям.

Необходимы значительные инвестиции в системы контроля, аварийного торможения и планы эвакуации. Кроме того, интеграция такой скоростной системы в городскую среду – это сложная инженерно-архитектурная задача,

требуемая сносa строений, изменения дорожной сети, что влечет за собой большие затраты и трудоемкость. Даже если все технические вопросы будут решены, эстетическая сторона может стать проблемой. Строительство необходимо начинать с нуля. Большинство правительств не готовы к таким затратам, особенно, если у них уже имеется развитая традиционная железнодорожная сеть. Строительство небольшого участка маглева в Шанхае обошлось более чем в 1 млрд долларов, в то время как стоимость километра Московского метрополитена варьируется от 44 до 77 миллиона долларов.

Важно отметить, что маглев не гарантирует прибыли. Даже самые успешные азиатские проекты начали приносить результаты лишь спустя десятки лет и значительных инвестиций. Например, шанхайский маглев ежегодно терпит убытки в размере \$ 93 миллионов. Если китайское правительство способно смириться с такими расходами, то власти большинства стран полагают, что модернизация существующих железных дорог будет более экономичным решением.

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

- снижение капитальных и эксплуатационных затрат на строительство и обслуживание линий маглев является ключевым фактором для повышения конкурентоспособности этой технологии. Высокие первоначальные инвестиции и эксплуатационные расходы препятствуют широкому распространению маглев в различных регионах мира;

- снижение энергопотребления играет важную роль в повышении экологической устойчивости и экономической привлекательности систем маглев. Значительное энергопотребление традиционных систем маглев ограничивает их массовое внедрение и требует разработки более эффективных решений;

- безопасность остается основным приоритетом для любой транспортной системы. Хотя технология Маглев считается безопасной, необходимо постоянно совершенствовать системы защиты и управления для минимизации рисков и обеспечения надёжной работы;

- электродинамическая подвеска (EDS) имеет потенциал для достижения более высоких скоростей и большей энергоэффективности по сравнению с электромагнитной подвеской (EMS). Однако технология EDS находится на более ранней стадии развития и требует дальнейших исследований.

В настоящее время, учитывая мировой опыт, особенно китайский, целесообразно рассмотреть следующие направления развития этой технологии на территории России:

- реализация пилотных проектов на коротких маршрутах, например, между аэропортами и крупными городами, позволит накопить ценный опыт и оценить эффективность технологии в условиях России;
- учитывая ведущую роль Китая в развитии маглев, сотрудничество с китайскими компаниями и исследовательскими институтами может значительно ускорить процесс внедрения этой технологии в России;
- необходимо адаптировать существующие технологии маглев, разработанные в Китае и других странах, к российским климатическим и географическим условиям;
- для обеспечения конкурентоспособности российской технологии маглев важно активно разрабатывать собственные инновационные решения, учитывающие особенности российской транспортной инфраструктуры и потребности рынка.

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82863014_22246682.pdf

Расчётная оценка эффективности применения альтернативных источников энергии на маневровых локомотивах

Авторы Свечников А.А., Попов Д.Д.

Наиболее актуальными вызовами, стоящими перед железнодорожной отраслью, являются повышение экологической устойчивости и эффективности использования энергетических ресурсов, а также снижение эксплуатационных затрат. Одной из ключевых задач современного локомотивостроения является переход на альтернативные источники энергии, позволяющие сократить выбросы вредных веществ и снизить зависимость от традиционного дизельного топлива. Проблеме внедрения альтернативных энергетических установок на железнодорожном транспорте посвящено множество научных трудов, что свидетельствует о её высокой актуальности. Особый интерес представляют водородные топливные элементы, обладающие нулевым уровнем выбросов и высоким КПД преобразования энергии. Однако их широкое применение сдерживается необходимостью адаптации существующей инфраструктуры и разработкой эффективных систем управления энергопотоками.

Сравнение свойств традиционных и альтернативных видов топлива является важным аспектом в контексте современных энергетических, экологических и экономических вызовов. Традиционные топлива, такие как нефть, уголь и природный газ, представляют собой ископаемые ресурсы, которые формировались в течение миллионов лет и являются невозобновляемыми. Их использование связано с высокой энергетической плотностью, что делает их удобными для применения в транспорте и промышленности. Однако сжигание ископаемых топлив сопровождается значительными выбросами углекислого газа (CO_2), оксидов серы (SO_x) и азота (NO_x). Кроме того, запасы традиционных топлив ограничены и сосредоточены

в определенных регионах, что создает геополитическую напряженность и зависимость от колебаний цен на мировых рынках.

Альтернативные топлива, напротив, основаны на возобновляемых источниках энергии, таких как солнечная, ветровая, гидроэнергия, биотопливо и водород. Эти источники энергии имеют значительно меньший углеродный след и способствуют снижению вредных выбросов в атмосферу. Однако производство, установка и утилизация оборудования для альтернативной энергетики также могут оказывать определенное воздействие на окружающую среду, что требует дальнейшего совершенствования технологий.

Экономическая эффективность традиционных и альтернативных топлив также различается. Ископаемые топлива исторически дешевле в использовании благодаря развитой инфраструктуре и отработанным технологиям добычи и переработки. Однако их стоимость подвержена значительным колебаниям из-за геополитических факторов и постепенного истощения месторождений. Альтернативные источники энергии, напротив, требуют значительных первоначальных инвестиций, но в долгосрочной перспективе становятся более выгодными благодаря снижению эксплуатационных затрат и независимости от цен на ископаемые ресурсы.

Многие страны активно поддерживают развитие альтернативной энергетики через субсидии, налоговые льготы и законодательные инициативы, что способствует ее широкому внедрению. В то же время альтернативные топлива, такие как водород или электрические аккумуляторы, пока уступают по этому параметру, что требует дальнейших исследований и разработок для повышения их эффективности. Тем не менее, альтернативные источники энергии обладают важным преимуществом – они доступны практически повсеместно, что делает их более устойчивыми в долгосрочной перспективе. Однако их эффективность зависит от природных условий, таких как количество солнечных дней или сила ветра, что требует адаптации энергетических систем к локальным особенностям.

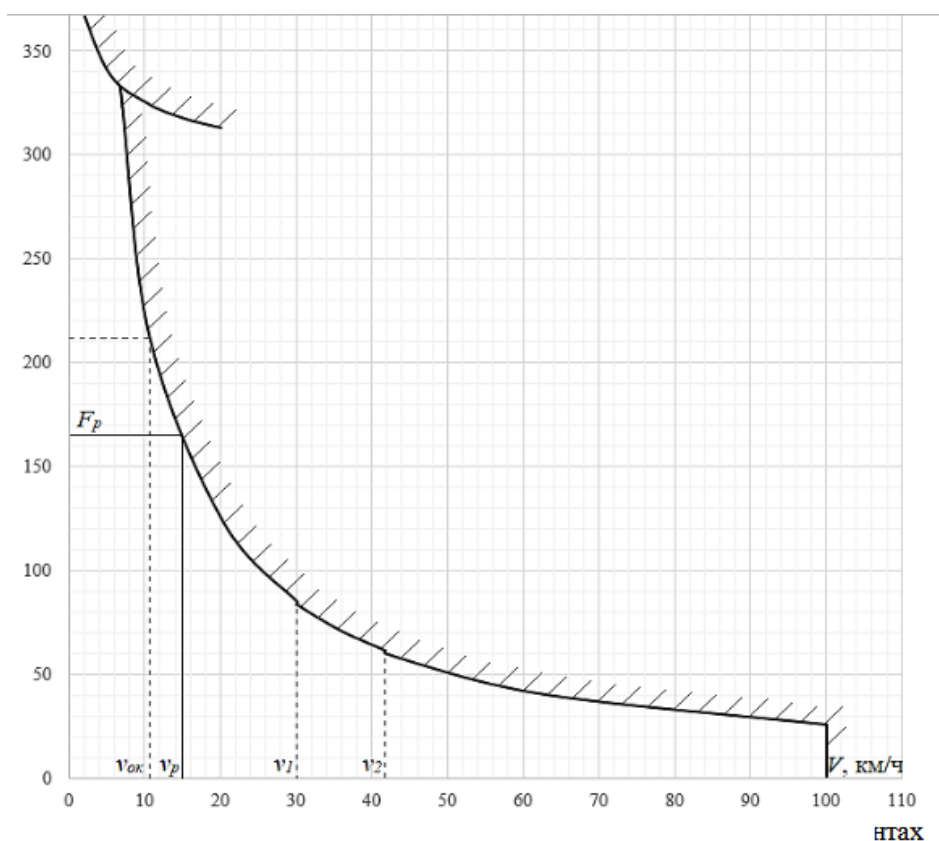
В будущем ожидается постепенный переход к комбинированному использованию традиционных и альтернативных источников энергии, что позволит достичь баланса между эффективностью, устойчивостью и экологической безопасностью.

В современных условиях, когда экологические требования к транспортным системам ужесточаются, а стоимость традиционного дизельного топлива остается высокой, актуальным становится вопрос использования альтернативных источников энергии на железнодорожном транспорте.

Для оценки эффективности использования различных видов топлива были проведены расчёты на маневровом тепловозе прототипе ТЭМ18ДМ при различных частотах вращения коленчатого вала: 350, 500, 750, 1000 мин⁻¹. Тяговоэнергетические характеристики модернизированного варианта тепловоза ТЭМ18ДМ с гибридной энергоустановкой на основе топливных элементов и накопителей энергии демонстрируют сохранение ключевых

эксплуатационных параметров базовой модели при существенном улучшении энергетической эффективности.

Проведенные расчеты показывают, что переход на водородные топливные элементы не только не ухудшает тяговые качества локомотива, но и в определенных режимах позволяет улучшить динамические характеристики за счет более рационального распределения энергопотоков. Характерная особенность полученной тяговой кривой заключается в ее более плавном виде по сравнению с традиционным дизельным локомотивом. Это обусловлено принципиально иным характером изменения мощности в зависимости от скорости движения. Максимальная сила тяги локомотива – прототипа при трогании с места и на малых скоростях полностью соответствует параметрам серийного ТЭМ18ДМ. Такой показатель достигнут за счет использования суперконденсаторов, которые обеспечивают необходимый пиковый ток для преодоления статического трения и начального разгона.



Особого внимания заслуживает поведение локомотива в режиме рекуперативного торможения. В отличие от дизельного тепловоза, где энергия торможения рассеивается в виде тепла, в гибридной системе до 80 % этой энергии возвращается в накопители. Это не только повышает общую энергоэффективность, но и позволяет значительно снизить износ механических тормозных систем. При этом кривая тормозного усилия имеет более плавный характер, что положительно сказывается на комфорте управления и снижении динамических нагрузок на экипажную часть.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности внедрения водородных технологий на маневровых локомотивах как с технической, так и с экономической точки зрения. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию алгоритмов управления гибридной системой и разработку решений по адаптации существующей инфраструктуры депо для работы с водородными энергоустановками.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82862997_39576241.pdf

Инновационная вакуумная теплоизоляция нетягового подвижного состава

Автор Паренюк М.А.

В настоящее время перед вагоностроителями стоит важная задача – улучшение теплоизоляционных характеристик кузова нетягового подвижного состава, который нуждается в защите от экстремальных температур окружающей среды. Проблема является актуальной, и согласно Энергетической стратегии требует использования в пассажирских вагонах теплоизоляционных материалов нового класса.

Цель можно достичь посредством разработки новых теплоизоляционных материалов. Эта задача также актуальна для рефрижераторных вагонов и контейнеров. Качество теплоизолирующей стенки вагона оценивается по значению коэффициента теплопередачи, измеряемый в Вт/ (м² К), для которого установлены предельные значения: для пассажирских вагонов не более 1,0, для контейнеров и изотермических вагонов коэффициент теплопередачи не может быть больше 0,36 Вт/ (м² К).

В качестве нового теплоизоляционного материала вагонов может использоваться вакуумная панель, одна из возможных конструкций предложена в патенте, где рекомендуется производить стенки вагонов и контейнеров из алюминиевых полых панелей, созданных с использованием экструзионного метода. Эти панели герметизируются по краям и подвергаются вакуумированию до уровня остаточного давления менее 1–2 кПа.

Для оценки значения коэффициента теплопередачи и влияния механизмов теплообмена конвекции, радиации и теплопроводности стенок вагонов на этот коэффициент, была создана аналитическая модель вакуумной панели. Исследование так же позволило установить необходимое остаточное давление внутри полости экструдированной панели. Анализ расчетов показал, что при снижении остаточного давления до 1–2 кПа, теплозащитные свойства алюминиевых панелей значительно превосходят свойства современных изоляционных материалов, типа пенополистирол. Но при остаточном давлении в полостях более 3–5 кПа, панели уступают по теплоизоляционным характеристикам современным изоляционным материалам.

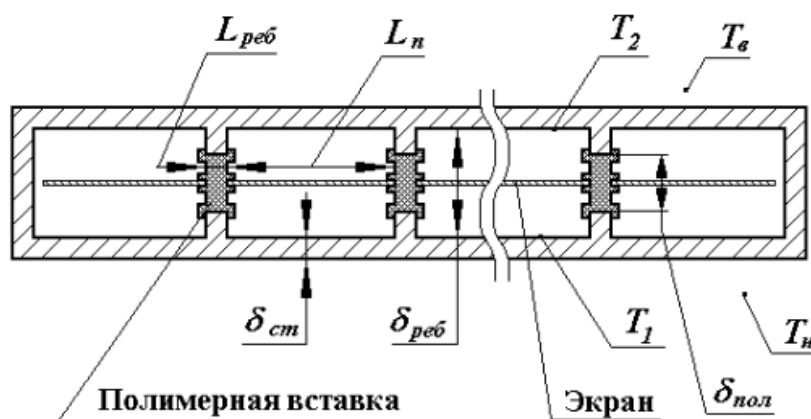


рис. 1. Схема алюминиевой панели с полимерными вставками

Тем не менее, дальнейшее снижение давления не приводит к улучшению их теплозащитных характеристик из-за влияния радиационного теплообмена и передачи тепла через ребра жесткости в результате теплопроводности.

Таким образом, предложенная аналитическая модель вакуумной панели в одномерной постановке позволила исследовать влияние трех типов теплообмена (конвекция, радиация, теплопроводность) на коэффициент теплопередачи и установить требуемый уровень остаточного давления внутри панели. Эта модель может быть использована для простых конструкций вакуумных панелей с ортогональным расположением элементов (ребра жесткости панели располагаются перпендикулярно к теплопередающим пластинам корпуса)

Результаты теплового анализа модели сегмента стенки пассажирского вагона, учитывающего теплопроводность и радиационный теплообмен внутри вакуумных панелей, показали, что средний тепловой поток составляет $q_{\text{сум}} = 35,38 \text{ Вт/м}^2$, что более чем на 60 % превышает поток, связанный только с теплопроводностью. Альтернативным способом уменьшения радиационного теплообмена является нанесение акриловой эмали или алюминиевой краски на внутренние поверхности вакуумных панелей, где коэффициент излучения акриловой эмали составляет 0,34.

Для использования вакуумной теплоизоляции в конструкции стенок кузовов различных моделей вагонов необходимо обеспечивать заданные прочностные свойства и повышенные теплоизоляционные свойства, делающие такое использование экономически обоснованным.

Необходимость обеспечения заданной прочности конструкции стенки кузова с вакуумной теплоизоляцией делает процесс нахождения оптимальной геометрии вакуумных панелей многомерным. Толщина ребер жесткости вакуумных панелей выбиралась из условия обеспечения заданной прочности. Уменьшение толщины вакуумных панелей приводило, с одной стороны, к уменьшению длины ребер жесткости, и как следствие, к уменьшению удельного теплового сопротивления, а, с другой стороны, к снижению массы стенок пассажирского вагона и их стоимости. В выводах данной статьи

указано, что для оптимальной конструкции стенки пассажирского вагона с вакуумными панелями по патенту величина теплового потока через ограждение кузова была снижена с 6930 Вт (у существующей конструкции при температуре наружного воздуха 233 К) до 3632 Вт, а масса ограждения кузова уменьшена с 7812 кг до 7187 кг.

В общем случае подбор оптимальной геометрии вакуумной панели для каждого типа железнодорожного подвижного состава, нуждающегося в тепловой защите от окружающей среды, осуществлялся с учетом экономии эксплуатационных расходов за год, полученных за счет улучшения теплотехнических характеристик, с учетом затрат на производство вакуумной теплоизоляции за тот же период. С учетом сэкономленной энергии и расхода электроэнергии учитывалась её стоимость. Определив массу и срок службы, находится стоимость панелей. Расчеты выполняются для разных толщин теплоизоляционных слоев. При этом на геометрические параметры вакуумной панели накладываются определенные ограничения, основанные на необходимых прочностных характеристиках. При достижении максимального значения целевой функции фиксируются оптимальные геометрические параметры вакуумной панели и вычисляется годовая экономия от ее применения в конструкции ограждений кузова подвижного состава.

Описанный выше алгоритм нахождения оптимальной геометрии вакуумной теплоизоляции может быть применен при проектировании теплоизоляции цистерн для перевозки высоковязких жидкостей, перевозимых в разогретом состоянии, при проектировании теплоизоляции бункерного полувагона для перевозки битума, при проектировании изотермического контейнера.

Предложен алгоритм нахождения оптимальной геометрии вакуумной теплоизоляции. Основным элементом данного алгоритма – математическая модель расчета теплопередачи через вакуумные панели сотового профиля. Для расчетов теплопередачи через вакуумные панели сложной геометрии предложена трехмерная конечноэлементная модель, реализованная в программном комплексе SolidWorks Simulation. Данная модель позволяет определять осредненную по площади теплопередающей поверхности вакуумной панели величину удельного теплового сопротивления с учетом трех видов теплообмена (конвекция, радиация, теплопроводность) при различном давлении внутри панели. Данная модель может быть использована для определения оптимальных конструкций вакуумной теплоизоляции, предлагаемой для использования в ограждении кузовов различных типов нетягового подвижного состава и контейнеров.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82862995_29901406.pdf

Внедрение цифровых технологий в процесс обработки подвижного состава на пункте технической передачи (ПТП)

Авторы Ключко А.А., Чепурченко И.В., Коркина С.В., Киселев Г.Г.

Уровень сохранности вагонного парка имеет определяющее значение в плане своевременного обеспечения исправным подвижным составом потребности в перевозках во многих отраслях промышленности страны. Кроме того, от технического состояния грузовых вагонов зависит безопасность движения, затраты на ремонт подвижного состава и экономическая эффективность эксплуатации парка. Все участники перевозочного процесса: собственники вагонов, работники промышленных предприятий, на которых реализуется погрузка – выгрузка, персонал железнодорожного транспорта и др. должны гарантировать строгое соблюдение норм и правил, регламентирующих погрузочно-разгрузочные операции с целью обеспечения сохранности вагонного парка.

Для обеспечения недопуска на инфраструктуру ОАО «РЖД» неисправных вагонов необходимо повышение качества контроля на пунктах технической передачи. Контролю должны подвергаться параметры, характеризующие техническое состояние всех узлов грузового вагона, а также характеристики груза, его крепление, правильность размещения.

Специалистами научно–производственной организации разработана автоматизированная система, использующая технологии машинного зрения для контроля технического состояния грузовых вагонов, выявления разоборудованных или поврежденных на путях необщего пользования подвижных единиц всех типов в пунктах технической передачи (КПТП). Т.е., основная функция КПТП – автоматизация процесса обработки составов при допуске на пути общего пользования и исключение приема к перевозке на инфраструктуру ОАО «РЖД» поврежденных или разоборудованных вагонов без их оформления в установленном порядке.

Внедрение КПТП позволит повысить степень автоматизации процессов выявления коммерческих неисправностей подвижного состава и груза, угрожающих безопасности перевозочного процесса и сохранности перевозимых грузов.

В перспективе КПТП будет обеспечивать возможность контроля более 120 параметров ходовой части, перевозимого груза, рамы кузова, автосцепного оборудования, кузова вагона и тормозного оборудования.



1. Контролируемые КППТ узлы и элементы вагона и груза

Для реализации всех указанных контрольных операций посредством технического зрения разработана схема размещения камер машинного зрения.

В настоящее время определены оптимальные точки размещения лазерных сканеров и камер машинного зрения, типы объективов, углы обзора, необходимые проекции на диагностируемые узлы грузовых вагонов.

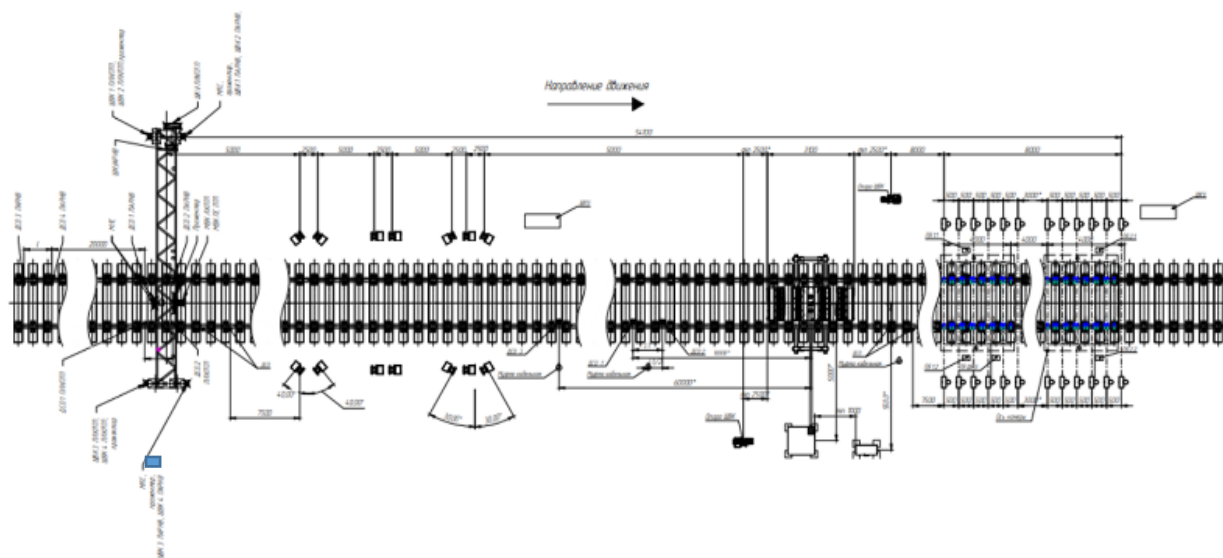


Схема расположения камер машинного зрения автоматизированной системы вдоль пути на ПТП

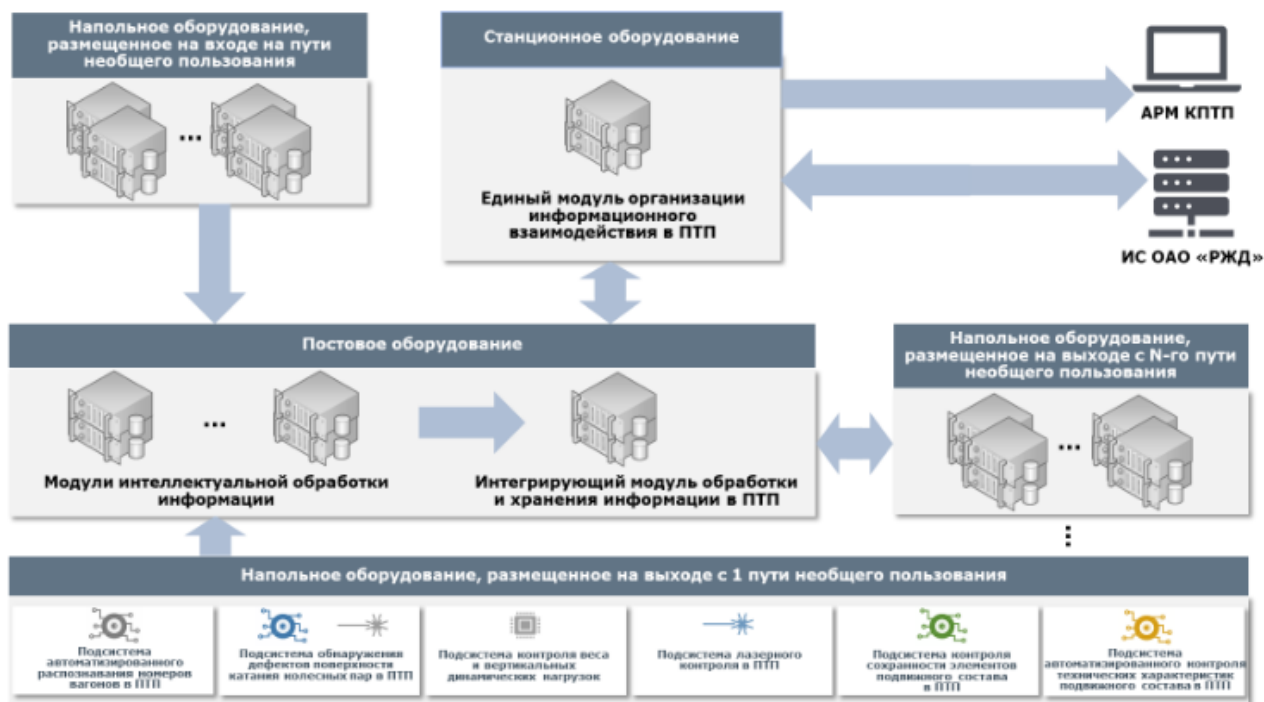
КППТ имеет модульную структуру, которая включает следующие подсистемы: лазерного контроля; распознавания номеров грузовых вагонов в автоматическом режиме; обнаружения дефектов колесных пар (поверхности катания); контроля сохранности вагонов; контроля динамических нагрузок и веса.

При этом объединение и обработка информации, поступающей от разных подсистем, установленных в одной контрольной точке КППТ,

осуществляется Интегрирующим модулем обработки и хранения информации в ПТП (ИМОХИ в ПТП).

Диагностические данные передаются ИМОХИ в ПТП в Единый модуль организации информационного взаимодействия в ПТП (ЕМОИВ в ПТП), обеспечивающий возможность формирования тревожных показаний, взаимодействия с внешними информационными системами ОАО «РЖД», а также передачи диагностических данных на АРМ КППТ.

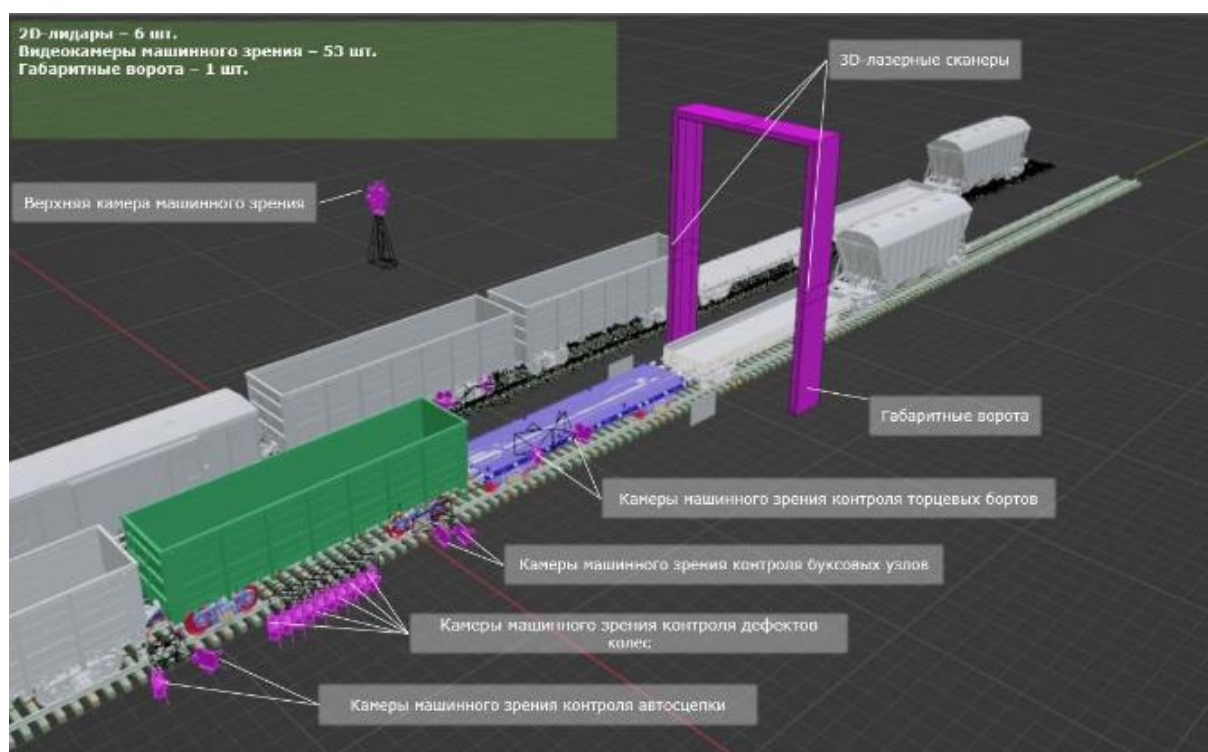
Результаты диагностики передаются от КППТ в АРМ КППТ, Единую корпоративную автоматизированную систему управления вагонного хозяйства (ЕК АСУВ) и Систему интеллектуального коммерческого осмотра поездов и вагонов (АСКМ ИКО) для использования сотрудниками вагонного хозяйства и дирекции управления движением в процессе принятия решения о возможности приема подвижного состава на инфраструктуру ОАО «РЖД». Также немаловажно, что при разработке системы используется только отечественное программное обеспечение и данные от КППТ могут интегрироваться в единую корпоративную сеть.



Информационные потоки, модули и подсистемы КППТ

Необходимо отметить, что система КППТ не входит в перечень объектов технического регулирования, на которые распространяются требования технического регламента ТР ТС003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» и не подлежит обязательному подтверждению соответствия его требованиям.

В настоящее время опытный образец, разработанный в соответствии с техническим заданием ОАО «РЖД», проходит испытания на ПТП сортировочной станции одной из сети дорог.



3D модель размещения камер машинного зрения и лазерных сканеров на несущих конструкциях КППП

Результатом внедрения является автоматизация процесса обработки составов на ПТП, повышение выявляемости разоборудованных, поврежденных, неисправных вагонов, что, в конечном итоге, позволит повысить уровень безопасности движения и сократить количество претензионных обращений и судебных разбирательств.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82862989_74225747.pdf

Гибридный маневровый локомотив на топливных элементах: разработка, эффективность и безопасность

Авторы Свечников А.А., Попов Д.Д.

В условиях глобального ужесточения экологических норм и роста стоимости традиционных энергоресурсов железнодорожный транспорт сталкивается с необходимостью перехода на альтернативные источники энергии. Особое внимание уделяется маневровым локомотивам, которые эксплуатируются в черте городов, на станциях и промышленных узлах, где требования к выбросам вредных веществ и уровню шума особенно строги.

Традиционные дизельные тепловозы, такие как ТЭМ18ДМ, несмотря на свою надежность, обладают рядом недостатков: низкий КПД (20–25 %), высокие эксплуатационные затраты и значительные выбросы CO₂, NO_x и твердых частиц. Эти факторы делают поиск экологически чистых и энергоэффективных решений критически важным.

Среди альтернативных источников энергии водородные топливные элементы и гибридные энергоустановки на их основе представляют собой одну из наиболее перспективных технологий. Для понимания их преимуществ необходимо рассмотреть ключевые свойства различных видов топлива.

1. Дизельное топливо имеет удельную энергоемкость около 42,7 МДж/кг. При сгорании оно выделяет значительное количество CO₂ (примерно 2,68 кг на литр), а также оксиды азота, серы и твердые частицы.

2. Природный газ (метан) обладает более высокой энергоемкостью – около 50 МДж/кг. Его выбросы включают CO₂ (примерно 2,75 кг на кг топлива) и меньшее количество NO_x по сравнению с дизелем, при этом полностью отсутствуют выбросы SO₂.

3. Водород превосходит оба вида топлива по удельной энергоемкости – около 120 МДж/кг. Единственным продуктом его сгорания является вода, что делает его экологически чистым топливом. Однако его внедрение сопряжено с техническими и инфраструктурными вызовами, включая необходимость разработки безопасных систем хранения водорода, эффективных накопителей энергии и адаптации существующих локомотивов.

Таким образом, водород является наиболее перспективным топливом с точки зрения эффективности и экологичности, тогда как природный газ представляет собой более чистую альтернативу дизелю.

Анализ показывает, что водород обладает существенными преимуществами с точки зрения экологичности и энергетической эффективности, однако требует особых решений для хранения и использования в условиях железнодорожного транспорта.

В качестве основного источника энергии выбраны протонообменные мембранные топливные элементы (PEMFC) с номинальной мощностью 300 кВт на модуль, что в совокупности дает 1200 кВт для локомотива. Система включает четыре модуля для обеспечения резервирования и надежности работы. Особенности конструкции топливных элементов, такие как рабочие температуры 65 ± 5 °C, удельный расход водорода 0,035 кг/кВт·ч и срок службы не менее 28000 часов, делают их оптимальным выбором для маневрового локомотива. Важным компонентом системы являются накопители энергии: литийионные батареи типа NMC общей емкостью 150 кВт·ч и суперконденсаторы с пиковой мощностью 500 кВт. Эти элементы позволяют эффективно накапливать энергию при рекуперативном торможении и обеспечивать кратковременные пиковые нагрузки при разгоне.

Система управления энергией представляет собой сложный комплекс, включающий 32-битный контроллер с четырьмя ядрами, преобразователи напряжения с КПД 98 % и распределенную сеть датчиков для мониторинга параметров работы. Алгоритм управления предусматривает три основных режима: разгон, когда энергия поступает от топливных элементов и накопителей; установившийся режим, при котором топливные элементы покрывают базовую нагрузку, а избыточная энергия заряжает накопители; и торможение, при котором до 80 % энергии возвращается в систему.

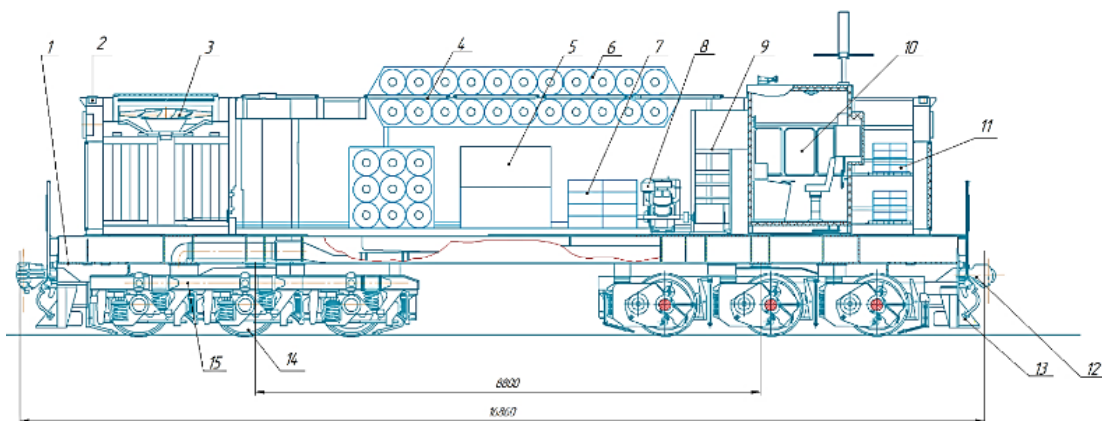


Рис. 2. Расположение оборудования на локомотиве-прототипе:

- 1 – рама локомотива; 2 – песочница; 3 – вентилятор; 4 – кузов; 5 – топливные элементы; 6 – баллоны с водородом; 7 – суперконденсаторы; 8 – тормозной компрессор; 9 – высоковольтная камера; 10 – кабина машиниста; 11 – литий-ионные аккумуляторы; 12 – автосцепка; 13 – путеочиститель; 14 – колёсная пара; 15 – тележка

Такое решение обеспечивает не только высокий КПД, но и плавность хода, снижая динамические нагрузки на экипажную часть.

Таким образом, водородная система сохраняет логику управления оригинального ТЭМ18ДМ, но заменяет ДГУ на РЕМ, а механическое переключение – на электронное, которое обеспечивает: плавный разгон, сохранение совместимости с навыками машинистов и повышение КПД без изменения алгоритмов работы.

Для обеспечения автономной работы тепловоза в течение 8-часовой смены требуется запас водорода, рассчитанный исходя из номинальной мощности (1035 кВт) и удельного расхода 0,035 кг/кВт·ч, что составляет ≈ 36 кг/ч водорода. Предполагается использование композитных резервуаров типа IV, рассчитанных на давление 350 бар. Необходимый объем баллонов составляет $\sim 16,74$ м³, что соответствует размещению 31 цилиндрических резервуаров (Ø580×2060 мм). Батареи служат буфером для рекуперации энергии при торможении, обеспечения пиковых нагрузок при разгоне и запуска системы. Оптимальным местом размещения является пространство под полом или в бывшем топливном баке, что обеспечивает защиту от вибрации. Суперконденсаторы используются для компенсации мгновенных нагрузок, возникающих при разгоне и торможении. Для минимизации потерь мощности целесообразно размещать их в непосредственной близости от тяговых инверторов. Главный контроллер размещается в кабине управления или в электроотсеке, а преобразователи – рядом с топливными элементами для минимизации потерь при передаче электроэнергии.

При переоборудовании ТЭМ18ДМ в гибридную версию с водородными топливными элементами и накопителями энергии необходимо провести перекомпоновку с учётом:

- удаления дизеля, генератора, топливных баков, части систем охлаждения;
- установки новых компонентов.

Оценка эффективности модернизированного локомотива включает технико-экономические и эксплуатационные аспекты. КПД локомотива на водородных топливных элементах и накопителях энергии зависит от множества факторов, включая технологию производства водорода, эффективность топливных элементов, потери при транспортировке и хранении, а также особенности работы всей энергетической цепочки. При оценке общего КПД системы (от первичной энергии до колёс) с использованием «зелёного» водорода, эффективность такого локомотива составит 12–19 %. Для сравнения, КПД тепловоза находится в диапазоне 12–23 %, а электровоза – 18–28 %. Оценка даётся при существующей инфраструктуре для каждого типа подвижного состава в России.

Электровозы, несмотря на более высокий КПД, требуют масштабных инвестиций в контактную сеть, что экономически оправдано только на интенсивно используемых маршрутах. Однако для удалённых или слабоэлектрифицированных линий водородные решения могут стать более выгодной альтернативой, особенно с учётом роста цен на дизельное топливо и ужесточения экологических норм.

Переход на водородные топливные элементы позволяет снизить удельный расход топлива до 0,035 кг/кВт·ч против 0,210 кг/кВт·ч у дизеля, что при текущей цене водорода 540–720 руб./кг дает экономию эксплуатационных затрат на 28 %. Срок окупаемости проекта оценивается в 5–7 лет при наработке 4000 часов в год. Эксплуатационные преимущества включают запас хода до 8 часов, быструю заправку за 15–20 минут и возможность работы при температурах до –20 °С, хотя с потерей производительности на 47 % от номинальной.

Важнейшим аспектом исследования являются меры по обеспечению безопасности. Конструктивные решения включают взрывозащищенные корпуса для топливных элементов, многоуровневую систему обнаружения утечек водорода с датчиками чувствительностью 1 ppm и принудительную вентиляцию отсеков. Технологические меры предусматривают автоматические алгоритмы аварийного отключения и каталитические нейтрализаторы для утилизации водорода.

Организационные меры включают разработку регламентов технического обслуживания, обучение персонала и взаимодействие с аварийными службами. Эти решения обеспечивают соответствие международным стандартам безопасности, таким как IEC 60079 и ISO 16111.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83213918_56782205.pdf

Шпалы из серобетона

Авторы Гнездилов С.А., Лебедев А.В., Простаков К.А.

Сера находит применение в различных отраслях промышленности, в сельском хозяйстве. Около 50% добываемой серы расходуется на получение

серной кислоты, 25% на получение сульфидов, используемых в бумажной промышленности, остальная часть идет на борьбу с болезнями растений, вулканизацию, синтезкрасителей, производство спичек и др.

Кроме этого, сера применяется в строительстве. Впервые в качестве вяжущего материала в строительном деле она появилась в Англии и США в конце XIX в., что зафиксировано патентами. В основу изобретения заложено свойство серы плавиться при $112,8^{\circ}\text{C}$, а при охлаждении ниже этой температуры кристаллизоваться с приобретением определенной прочности.

Краткий обзор исследований по полимерсерным бетонам, проведенным за рубежом, показывает, что основные свойства серных композиционных материалов хорошо изучены, их химическая стойкость в различных средах установлена, рациональные области применения изделий из полимерсерных бетонов в строительстве вполне определены. В связи с этим разработаны нормативные документы. Так, в нормах США ASTM 38677 предусмотрено применение серных мастик в качестве химического материала. Ряд составов и композиций, содержащих серу, запатентован и успешно производится фирмами в промышленном масштабе. Однако сведения о составах веществ и технологиях изготовления носят, как правило, рекламный характер, и по столь неполным данным эти материалы практически невозможно воспроизвести.

Поэтому для широкого применения полимерсерных бетонов в современной отечественной практике необходимы комплексные исследования этого специфического строительного материала. Анализ технической литературы показывает, что полимерсерные бетоны по прочностным характеристикам занимают промежуточное положение между высокопрочными цементными и полимербетонами. По химической и диэлектрической характеристикам они не уступают большинству полимербетонов, а по стоимости значительно ниже их.

В настоящее время перспектива применения серы обусловлена возможностью ее получения из вторичных источников в результате утилизации серосодержащих отходящих газов, отходов производства серы и серной кислоты, а также очистки нефти. Также следует учитывать, что экологическая безопасность в значительной мере связана с сокращением производственных отходов и их переработкой. Мировое производство серы постоянно растет, и значительная часть этого роста обусловлена вторичной серой, получаемой при очистке нефти и газа.

В России и других странах производство серы значительно превышает спрос на нее. Если темпы переработки нефти и газа сохранятся, вторичная сера может стать серьезной экологической угрозой. Поэтому ее переработка из отходов нефтегазового сектора с целью создания сульфидных композиционных материалов является многообещающим направлением.

Серобетон имеет сходные прочностные характеристики, что и цементный бетон, а в части электрического сопротивления и теплопроводности даже более высокие. Обладает низким водопоглощением и

высоким показателем морозостойкости ($F1 > 1000$ в сравнении с бетонными шпалами F300), не горюч (плавление происходит при $+112\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше).

Кроме шпал и брусьев стрелочных переводов, из серобетона можно изготавливать плиты, применяемые при безбалластной конструкции пути, водоотводные лотки, трубы, стойки и опоры ЛЭП, грузокомпенсаторы для натяжения контактной сети, общестроительные конструкции и др.

Следует отметить, что сера по своей природе является термопластом и, соответственно, композиции на ее основе, в том числе и серные бетоны, также обладают свойствами термопластов. При этом в чистом виде сера обладает высокой хрупкостью ввиду наличия внутренних напряжений, возникающих в процессе «расплавление-твердение», что решается модификацией технической серы с помощью специальных пластификаторов.

АО «БЭТ» первая российская компания, которая решила использовать инновационную технологию, позволяющую производить шпалы из серобетона. Замена цементного вяжущего на серное при производстве шпал исключает энергозатратный технологический процесс обжига известняка клинкера при температуре $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$, сопровождающийся эмиссией большого количества двуокси углерода. Углеродный след производства шпал из серобетона на 43% ниже, чем у традиционных бетонных шпал, что является важнейшим достоинством. При этом они обладают аналогичной стойкостью к динамическим нагрузкам от поездов, как и обычные бетонные шпалы, и высокой гидрофобностью благодаря меньшей пористости. Срок их службы может превышать 50 лет. Материал полностью пригоден для утилизации и способен выдерживать многократные циклы плавления и затвердевания.

Серобетонные шпалы изготавливают методом литья при температуре $140\text{ }^{\circ}\text{C}$. Серобетонные шпалы, изготовленные АО «БЭТ», были подвергнуты испытаниям на соответствие требованиям EN 13230 и ГОСТ 33320. В результате установлено, что они имеют запас прочности в подрельсовом и среднем сечениях соответственно +15 и +20% по сравнению с типовыми железобетонными.

В 2024 г. на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» в кривом участке радиусом 697 м (11 главной путь, км 1, ПК 9) была уложена опытная партия шпал из предварительно напряженного серобетона (25 шпал подтипа 1ДС 8х7,5) с целью полигонных испытаний конструкции. Шпалы снабжены шурупно-дюбельными промежуточными рельсовыми скреплениями типа ЖБР65ПШР.



Общий вид шпал из серобетона до монтажа креплений (а) и после установки креплений ЖБР-65ППР (б)

Одно из главных достоинств шпал из серобетона заключается в возможности их переработки и вторичном использовании. В то время как качество бетона на цементной основе снижается по истечении срока его службы, и железобетонные шпалы невозможно использовать повторно, шпалы из серобетона имеют такую опцию, так как серобетон после переплавки получает. Вторую «жизнь», превращаясь при нагревании в исходную по качеству расплавленную массу, которая может быть повторно заформована. В качестве аналога данного процесса можно привести использование рельсового лома на металлургических комбинатах для выплавки и прокатки новых рельсов.

Таким образом, серобетон обладает всеми свойствами для вечного использования без ухудшения качества или эксплуатационных характеристик. Следовательно, он является идеальным материалом для повторного применения.

Производство шпал из серобетона позволяет сократить выбросы CO₂ в атмосферу, автоматически решая задачу, поставленную ОАО «РЖД» по сокращению вредных выбросов. При этом если при изготовлении шпал из серобетона выброс CO₂ снижен на 43 % по сравнению с традиционными шпалами, то при производстве переработанных шпал он достигает даже 89%. Одновременно с этим для ОАО «РЖД» решается вопрос утилизации старых железобетонных шпал, которые в настоящее время подвергаются дроблению с последующим использованием в дорожном строительстве.

Новая шпала из серобетона дешевле на 3% аналогичной железобетонной шпалы за счет замещения цементного раствора модифицированной серой. Переработка серобетонных шпал после окончания их жизненного цикла и повторное применение серобетонного состава позволит сократить расходы на закупку новых шпал до 25%.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82815818_69354684.pdf

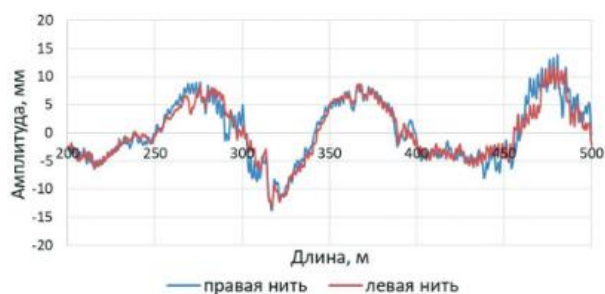
Современные подходы к разработке нормативов геометрии рельсовой колеи для устройства и содержания ВСЖМ-1

Авторы Чечельницкий А.И., Певзнер В.О., Баронайте Р.А., Шарова В.О.

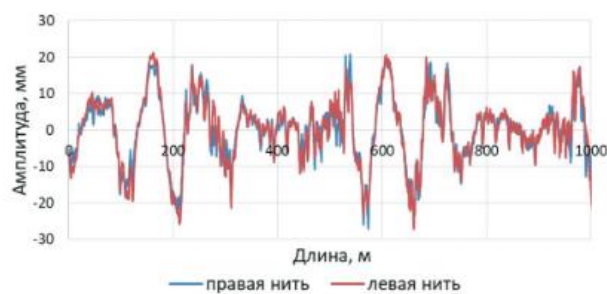
Проектирование новой высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург (ВСЖМ1) со скоростями движения до 400 км/ч ставит новые задачи по разработке не только элементов и конструкций путевой инфраструктуры, но и методик оценки геометрии рельсовой колеи (ГРК).

В настоящее время, когда проектируется и уже строится высокоскоростная магистраль со скоростями движения до 400 км/ч, необходимо создать нормативную базу по оценке технического состояния и эксплуатационного соответствия инфраструктуры предъявляемым требованиям. Действующих методов диагностики и мониторинга состояния пути недостаточно. Для выявления неровностей в них используются спектральные характеристики. Вполне закономерно, что должны применяться новые методы измерения и математической обработки информации, учитывающие характеристики взаимодействующих элементов пути и подвижного состава.

Проведенный анализ состояния пути на скоростном ходу действующей линии Москва – Санкт-Петербург Октябрьской дороги показал, что почти все участки с нарушением показателей плавности хода имели по существующей системе оценки «отлично» и «хорошо». Однако на этих участках были выявлены периодически повторяющиеся неровности в профиле и плане и их сочетания, не штрафуемые в соответствии с действующими нормативными документами.



Три повторяющиеся неровности в профиле на длине 300 м (356 км, II путь направления Москва—Санкт-Петербург)



Неровности в профиле на 586 км II пути направления Москва—Санкт-Петербург

Представленные примеры демонстрируют, насколько важно определить методические основы математического аппарата, позволяющего выявлять периодические неровности пути. Такой методикой, в частности, является спектральный анализ неровностей, подтвердивший свою целесообразность на зарубежных дорогах.

Для определения параметров влияния неисправностей ГРК на динамику взаимодействия подвижного состава и инфраструктуры при различных скоростях движения на скоростных и высокоскоростных линиях специалистами Дирекции диагностики и мониторинга инфраструктуры инициирована работа по модернизации информационно измерительной системы «ИНФОТРАНС-ВЕЛАРО Rus»

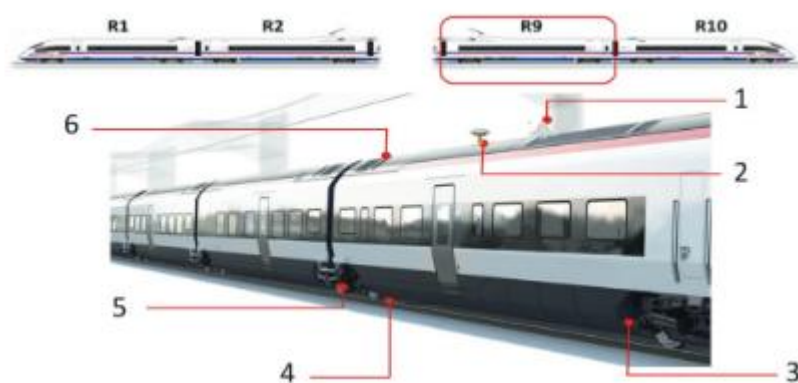


Рис. 4. Контроль параметров информационно-измерительной системы «ИНФОТРАНС-ВЕЛАРО Rus»:
 1 — дистанционная передача данных об опасных нарушениях;
 2 — позиционирование в железнодорожной и геодезической системах координат; 3 — видеоконтроль высокого разрешения верхнего строения пути с автоматическим распознаванием; 4 — контроль геометрии пути и рельсов (ГРК; продольный профиль пути; длинные неровности в плане и профиле; волнообразный, боковой и вертикальный износы рельсов, подуклонка, эквивалентная конусность); 5 — контроль ускорений (на буксах, раме ходовой тележки, кузове вагона); 6 — контроль контактной сети (положение, нажатие, ускорения, видео- и тепловизионный контроль подвески, контроль образования дуги)

Данная система будет установлена на скоростной электропоезд «Сапсан», что позволит оценивать параметры ГРК и контактной сети на скоростях обращающегося подвижного состава с учетом его динамического влияния.

В рамках научно-технического обеспечения ОАО «РЖД» в 2026 г. предусмотрены разработка и изготовление программно-аппаратного комплекса (ПАК) для автоматической обработки и консолидации данных измерений ускорений, поступающих с акселерометров на подвижном составе, с последующей их «привязкой» к измеренным параметрам ГРК. Два комплекта оборудования ПАК устанавливаются на втором и девятом вагонах поезда для обеспечения возможности контроля взаимодействия поезда с путевой инфраструктурой при движении в обоих направлениях. Оба комплекта работают независимо.

Создание ПАК позволит решить ряд задач:

- разработать методики, позволяющие установить связи между состоянием пути и ускорениями, регистрируемыми на подвижном составе;
- создать программы, реализующие разработанные методики;

– обеспечить информационное взаимодействие между подсистемами (модулями, блоками) ПАК и существующими информационно-аналитическими системами;

– проводить моделирование (по результатам консолидации) параметров состояния ГРК, параметров ведения поезда, показателей комфорта пассажиров, допустимых скоростей движения поездов в целях обеспечения безопасности движения.

Развитие информационно-измерительной системы на действующем скоростном подвижном составе и создание программно-аппаратного комплекса для автоматической обработки и консолидации данных различных измерений с учетом отечественного и зарубежного опыта оценки пути на скоростных и высокоскоростных магистралях обеспечат своевременную разработку нормативных требований к инфраструктурному комплексу ВСЖМ.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82815813_91122720.pdf

Применение композитных плит безбалластного мостового полотна

Адам А.И., Березин Н.С., Малакеев М.А.

В настоящее время в связи с ростом грузопассажирских перевозок необходимо обратить особое внимание на мостовые сооружения, которые служат 80 и более лет. На многих из них рельсошпальная решетка еще с деревянными шпалами, фактическая грузоподъемность составляет Н8 и ниже. Поэтому в связи с недостаточной долговечностью деревянных материалов (1215 лет) и невозможностью применения железобетонных плит на старых мостах из-за высокой погонной нагрузки возникает необходимость использования композитных материалов. Это полностью соответствует Стратегии научно-технического развития ОАО «РЖД» на период до 2025 г. и на перспективу до 2030 г., предусматривающей мероприятия по внедрению инновационных материалов, конструкций и технологий с целью повышения прочности, устойчивости и надежности искусственных сооружений и земляного полотна.

Применение композитных плит безбалластного мостового полотна ТУ 22.29.29086002049612015 на железнодорожных мостах с низкой грузоподъемностью металлических пролетных строений является перспективным решением, особенно когда укладка тяжелых железобетонных плит технически невозможна.



Вес плиты из композита в 2,53 раза (в зависимости от типа) меньше при одинаковых габаритных размерах и прочностных характеристиках. Плита КБМП представляет собой плоский элемент из композитного материала, на верхней стороне которого установлены специальные дюбеля для крепления подрельсовых прокладок и контррельса. В плите имеются сквозные отверстия овальной формы для крепления ее высокопрочными шпильками к пролетному строению. Ширина плиты КБМП равна 3200 мм, поэтому ее можно применять в различных типовых решениях. Выделяют пять вариантов укладки плит КБМП на мостах с расстоянием между осями главных (продольных) балок: 1800, 1900, 2000, 2100 и 2200 мм.

Также плиты могут эксплуатироваться в разных климатических условиях. По этому показателю можно выделить три следующих типа плит: для умеренного климата, сурового, особо сурового. Плиты, предназначенные для эксплуатации в суровых климатических условиях, имеют маркировку «F», в особо суровых «M».

Плиты КБМП обеспечивают следующие важные условия работы железнодорожных конструкций: безопасный пропуск обращающихся и перспективных нагрузок класса С14 с расчетными скоростями; стабильность геометрических и жесткостных характеристик пути и надежное взаимодействие подвижных нагрузок с пролетным строением; проход колес подвижного состава в случае схода с рельсов.

При монтаже композитных плит безбалластного мостового полотна возможно применение как тяжелой крановой техники, так и легких порталных кранов.



Монтаж плит КБМП:

а — порталным ручным краном; б — железнодорожным стреловым краном грузоподъемностью до 10 т

Преимущества композитных плит КБМП по техническим характеристикам следующие: низкая погонная нагрузка на пролетное строение, сравнимая с нагрузкой от деревянного мостового бруса; длительный срок службы (до 50 лет); огнестойкость на уровне RE30; высокая стабильность и качество пути; возможность пропуска состава с высокой скоростью; не происходит гниения, коррозии, деформации; отсутствие сосредоточенных нагрузок на несущие конструкции пролета моста; высокая жесткость и прочность; высокое демпфирование и снижение вибрационных нагрузок; изготавливается из отечественных материалов; высокая скорость монтажа.

Плиты КБМП предназначены для устройства безбалластного мостового полотна стальных пролетных строениях железнодорожных мостов, а также для мостов со смешанным движением автомобильного и рельсового транспорта, при его обособленном расположении. Их можно применять при строительстве новых мостовых переходов для уменьшения постоянных нагрузок, действующих на пролетное строение. Целесообразно их использование и в случаях сверхнормативной длины пролетных строений.

В заключение необходимо отметить, что применение плит КБМП позволяет увеличить межсервисный интервал безбалластного слоя, скорость движения по старым мостовым сооружениям с деревянными шпалами, а также продлить срок их службы в 3,5 раза.

Плиты КБМП с 2019 г. эксплуатируются на объектах ОАО «РЖД» на всей территории Российской Федерации, в том числе и в районах Крайнего Севера. Они показывают высокую эффективность использования и имеют положительные отзывы, связанные с монтажными возможностями и эксплуатационными характеристиками.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83147862_33691689.pdf

Инновации в путевом хозяйстве промышленного железнодорожного транспорта

Авторы Андреева Л.А., Ялышев Р.Ф., Желудкевич А.М., Гвидонский Д.В.

Промышленный транспорт как потенциальный объект развития является неотъемлемой и весьма важной частью транспортной системы России, в том числе и железнодорожной, осуществляющей как внешние, так и внутризаводские перевозки грузов организаций и предприятий различных отраслей промышленности.

Сейчас, как никогда, важно, чтобы российский транспорт стал сферой интенсивного внедрения передовых технологий и прорывных научно-технических разработок, оказывающих существенное влияние на успешную, результативную работу. Эти задачи положены в основу Транспортной стратегии РФ на период до 2030 г., в которой отражаются следующие приоритеты его развития: развитие транспорта для промышленного освоения Арктики; развитие межрегионального сообщения внутри страны и повышение использования транзитного потенциала России; обеспечение развития угольной промышленности для увеличения экспорта на 50%; контейнеризация промышленного транспорта; развитие транспорта в Якутии.

В ближайшие 10-15 лет предусматривается интенсивное освоение природных ресурсов северных и северо-восточных районов России. Это, соответственно, потребует транспортного обслуживания территорий, в первую очередь за счет строительства новых железнодорожных путей к месторождениям и промышленным предприятиям. Развитие железнодорожной сети в климатически сложных районах не может происходить без создания инфраструктуры промышленного железнодорожного транспорта (необщего пользования и технологического).

Для обеспечения стабильности колеи льдистых, просадочных при оттаивании многолетнемерзлых грунтах, предотвращения деформации земляного полотна в условиях Крайнего Севера, сохраняя при этом уникальную экосистему, целесообразно и крайне важно применять современные технологии при строительстве новых и реконструкции существующих дорог.

Основные направления развития путевого комплекса промышленного железнодорожного транспорта следующие: реконструкция и модернизация железнодорожных подъездных путей для безаварийного движения подвижного состава нового поколения с повышенными осевыми и погонными нагрузками; увеличение протяженности путей с рельсами Р65; широкое применение бесстыкового пути; внедрение конструкций железобетонных оснований под стрелочные переводы; проведение специальных конструктивных мероприятий по защите путей, эксплуатируемых в агрессивных средах, с целью увеличения сроков их службы в четыре пять раз и предотвращения загрязнения грунтов и грунтовых вод; использование новых

материалов и технологий, способных не только повысить безопасность движения, но и увеличить межремонтные интервалы содержания пути; механизация ручного труда и применение новых видов техники, в том числе на комбинированном ходу.

Уже накоплен достаточный положительный опыт, позволяющий детально расширить применение инновационных решений в путевом хозяйстве промышленного железнодорожного транспорта. Одним из основных удачных проектов стала совместная разработка «ПромТрансКомплект» И Петербургского университета путей сообщения конструкции контррельсового узла, призванная повысить безопасность движения подвижного состава в кривых малого радиуса. Использование контррельса в кривых также позволяет значительно уменьшить издержки на их содержание, снижает износ рельсов, что в свою очередь увеличивает межремонтный интервал. Также контррельсы обеспечивают высокую степень надежности колеи на вечномёрзлых грунтах. Этот вопрос на сегодняшний день особенно актуален, поскольку в настоящее время идет активное развитие железнодорожного транспорта в районах Крайнего Севера.

Сейчас с целью улучшения эксплуатационных характеристик идет работа над возможностью изготовления контррельсового устройства из композитных материалов. Теоретические и практические исследования в области применения новых методов и конструкций показали эффективность использования высокопрочного бетона и внедрение безбалластной технологии для безопасности движения и улучшения транспортно-эксплуатационных параметров проезжей части на переездах.

Среди инновационных материалов к использованию рекомендованы такие новые конструкции, как настилы типа ПЖДП (плита железнодорожного переезда).



Еще одним примером совместной деятельности может служить сотрудничество с компанией ООО «Инновационно-внедренческий центр «ЭДЕЛЬВЕЙС», которая продвигает технологию, позволяющую получить

уникальный продукт заменитель древесины хвойных пород. Прочностные характеристики модифицированных брусьев (шпал) равны или превышают аналогичные параметры древесины дуба и бука. Влагопоглощение и формоизменяемость остаются на уровне натурального материала. Шпалу из модифицированной древесины используют с промежуточным рельсовым скреплением РПС30 пружинного типа с металлокомпозитной подкладкой и технологической возможностью регулировки до 30 мм ширины колеи.

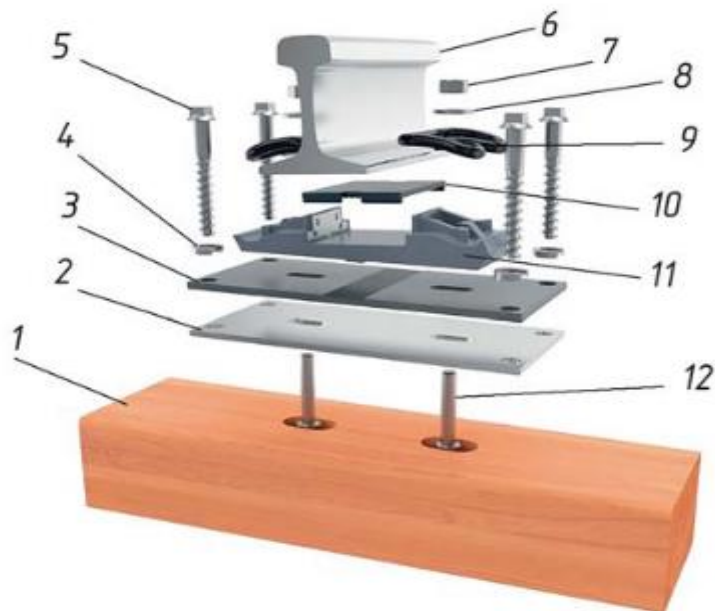


Рис. 4. Шпала из модифицированной древесины с рельсовым скреплением РПС-30:
 1 — шпала деревянная ШМД; 2 — плита нащпальная ИВЦ-043;
 3 — плита зубчатая ИВЦ-042; 4 — шайба двухвитковая М25;
 5 — шуруп путевой 24x170; 6 — рельс Р65; 7 — гайка М22;
 8 — шайба ИВЦ-061; 9 — клемма ЦП369.102;
 10 — прокладка для рельсовых скреплений КПС-013;
 11 — металло-композитная регулировочная подкладка ИВЦ-041;
 12 — болт М22х120

Инновационное пружинное рельсовое скрепления КБ65 ПРС «Э» с ассиметричной металлокомпозитной подкладкой значительно превосходит «старое» скрепление КБ65 по технико-экономическим показателям. Это рельсовое скрепление может комплектоваться на шпалу Ш1, а также на шпалу из модифицированной древесины с шурупно-дюбельным исполнением.

Скрепление требует минимального технического обслуживания. Брусья (шпалы) из модифицированной древесины отличаются своей экологической безопасностью, продолжительным сроком службы (более 45 лет) и конкурентной себестоимостью изготовления от аналога хвойной древесины. Применение таких шпал рекомендуется в кривых предельно малых радиусов (до 150 м), в том числе на подъездных путях промышленных предприятий.

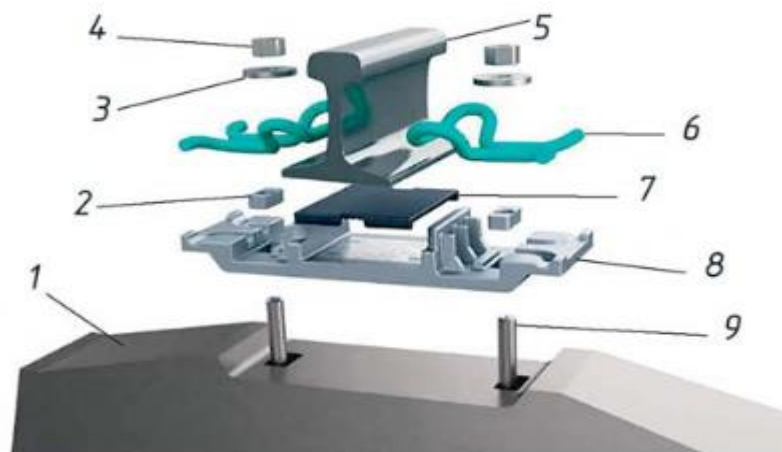


Рис. 5. Инновационное крепление пружинного КБ65-ПРС «Э»:

1 — шпала Ш1; 2 — вставка изолирующая МКС-010У;
3 — шайба опорная КПС-012; 4 — гайка М 22; 5 — рельс Р65; 6 — клемма МКС-020КБ; 7 — прокладка для рельсовых креплений КПС-013; 8 — металло-композитная регулировочная подкладка ИВЦ-021; 9 — болт закладной М22

Одним из особо важных современных проектов является строительство новой магистрали Нижний Бестях (Якутия) – Магадан, которая относится к опорной сети железных дорог Российской Федерации как обеспечивающей транспортными связями субъекты приоритетных геостратегических территорий, включая Арктическую зону и Дальний Восток. Реализация данного проекта даст России третий выход к Тихому океану. Протяженность трассы 1667 км. Здесь потребуется сооружение 79 мостов и трех тоннелей. Кроме того, в периметр рассматриваемого проекта входит создание объектов энергоснабжения, строительство шести железнодорожных вокзалов, подъездных путей до горнообогатительных комбинатов и фабрик, металлургических комбинатов и предприятий обрабатывающей отрасли. В проекте предусмотрено устройство железнодорожных путей с применением инновационных решений и высоко ресурсных комплектующих.

По экспертным оценкам ожидается весьма значительный экономический эффект от внедрения инновационных разработок в путевой комплекс промышленного железнодорожного транспорта. При рассмотрении перспективного развития путевого комплекса промышленных предприятий необходимо отдельно отметить важность применения современных технологий при сооружении земляного полотна. В последние годы на сети автомобильных дорог России и за рубежом для стабилизации (укрепления) грунтов активно начали применять современные дорожно – строительные материалы и технологии. Эти же технологии с успехом можно применять и в железнодорожной отрасли для уменьшения затрат на строительство, ремонт и эксплуатацию путей необщего пользования и технологических путей.

В последнее время в целях внедрения инновационных технологий в железнодорожную инфраструктуру многие организации готовы начать взаимодействовать с промышленными предприятиями. Инновационный прорыв в российской транспортной отрасли, модернизация и обновление промышленного транспорта обеспечат достижение технического и технологического паритета России с ведущими странами мира.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83147864_61831796.pdf

Композитные материалы верхнего строения пути на мостовых переходах

Автор Возвышаев В.Н.

Функционирующая транспортная инфраструктура – это основа жизнедеятельности государства, без которой невозможно представить его экономический рост и социальную целостность. В последние десятилетия особое внимание уделяется поиску новых, более эффективных и долговечных материалов для строительства и эксплуатации железнодорожных путей.

Одним из наиболее перспективных направлений является применение композитных материалов, которые демонстрируют уникальные свойства, способные решить ряд актуальных проблем, особенно в условиях воздействия агрессивной среды, а также в суровых климатических условиях Сибири и Заполярья. В настоящее время продолжается работа по совершенствованию технических характеристик композитных материалов верхнего строения пути на искусственных сооружениях. Это важно, прежде всего, для снижения протяженности мостового полотна на деревянном основании, которое не устойчиво к агрессивным условиям и подвержено гниению и растрескиванию. Кроме того, при антисептировании применяется токсичное вещество креозот.

Компанией АКЦИОН РУС разработана уникальная технология производства шпал и бруса из композитных материалов, которая не только повышает качество и надежность верхнего строения пути на мостах, но и помогает решать одну из самых значительных экологических проблем нашего времени – загрязнение полигонов для твердых бытовых отходов и утилизацию мусора. Использование пластиковых отходов в производстве соответствует принципам замкнутого жизненного цикла «зеленой экономики».

Композитные брусья являются сертифицированным изделием в добровольной системе сертификации «Железнодорожного транспорта и транспортного строительства», в системе добровольной сертификации «Безопасность и качество» на соответствие требованиям пожарной безопасности, подтверждены экспертизой санитарно-эпидемиологической безопасности. Композитные брусья прошли все требуемые испытания АО «ВНИИЖТ» на соответствие нормам безопасности на железнодорожном транспорте. Размеры мостового бруса из композитных материалов составляют 200x240x3250 мм, а для возможности снижения влияния на сооружения эксцентриситета существует возможность изготовления мостового бруса длиной 3500 мм.



Композитные мостовые брусья превосходят деревянные по всем техническим и эксплуатационным показателям, за исключением цены. Сравнение композитных и деревянных мостовых брусьев выявляет явное превосходство композитов по ряду критически важных параметров. Композитные брусья, как правило, изготавливаются из армированных полимеров (например, стеклопластика или углепластика) с использованием высокопрочных волокон. Это обеспечивает им значительно более высокую удельную прочность по сравнению с деревом. Они способны выдерживать большие нагрузки и деформации, что особенно важно для мостов с интенсивным движением.

В отличие от дерева, которое может иметь скрытые дефекты и неоднородную структуру, композиты обладают предсказуемыми и равномерными механическими свойствами. Они устойчивы к коррозии, влаге, химическим реагентам, перепадам температур и ультрафиолетовому излучению. Это обеспечивает им значительно более долгий срок службы, исчисляемый десятилетиями, без потери эксплуатационных характеристик. Композитные материалы обладают минимальным коэффициентом теплового расширения и практически не подвержены деформациям, что гарантирует стабильность на протяжении всего срока эксплуатации.

Многие композитные материалы обладают повышенной огнестойкостью или могут быть модифицированы для достижения высоких показателей пожарной безопасности, в то время как дерево является легковоспламеняющимся материалом. Рельсы к композитным брусьям могут крепиться с помощью путевых шурупов. Крепление при помощи костылей допускается, но не рекомендовано предприятием производителем.

Перед укладкой композитного мостового бруса выполняются работы по устройству «прирубки» согласно расчетам, а сверление отверстий под лапчатый болт и контрголок (охранный) ведется на месте укладки. Устанавливать шурупы без наличия установочного отверстия запрещается. Ремонт и восстановление композитных шпал или брусьев в разработанных отверстиях под подкладку допускается производить исключительно с использованием двухкомпонентной смеси ДСРШ для ремонта деревянных,

железобетонных и композитных шпал. По завершении эксплуатационного периода шпалы и брусья из композитного материала подлежат полной переработке. Их можно вернуть изготовителю для последующей обработки. Альтернативным вариантом является передача шпал специализированным предприятиям, осуществляющим утилизацию в соответствии с действующим законодательством и нормами.

Компанией АКЦИОН РУС проведены испытания композитных брусьев по оценке их прочности при увеличенных осевых нагрузках. Кроме того, в рамках испытаний было изучено влияние экстремально низких температур, характерных для регионов Крайнего Севера, на эксплуатационные характеристики указанных конструкций.

В целях верификации данных Испытательный центр АО «Новый регистр» провел серию дополнительных испытаний, направленных на оценку поведения брусьев при температуре воздуха до -60°C . По итогам исследований были получены результаты, подтверждающие соответствие выпускаемой продукции требованиям, установленным в Технических условиях.

Для оценки возможности применения композитных брусьев на участках, предназначенных для движения специализированного подвижного состава, включая транспортеры с осевой нагрузкой до 50 тс, Инженерным центром технологической механики в лабораторных условиях были проведены стендовые испытания. Результаты этих испытаний подтверждают возможность использования брусьев.

В ходе испытаний композитных брусьев на инфраструктуре ОАО «РЖД» были получены значимые результаты, подтверждающие эффективность и надежность данного материала в условиях эксплуатации железнодорожного транспорта. Композитные брусья благодаря своим уникальным свойствам продемонстрировали высокую устойчивость к механическим нагрузкам, воздействию влаги и коррозии, что делает их перспективными для использования в различных элементах железнодорожной инфраструктуры.

Испытания показали, что использование композитных брусьев позволяет существенно сократить эксплуатационные расходы. Важно отметить, что результаты испытаний также подтвердили высокую степень безопасности использования композитных брусьев. Они продемонстрировали отличные показатели при воздействии экстремальных температур и механических воздействий, что является критически важным для обеспечения надежности железнодорожного сообщения.

Таким образом, внедрение композитных брусьев в инфраструктуру ОАО «РЖД» может стать важным шагом к модернизации и повышению эффективности железнодорожного транспорта в России.

В настоящее время ОАО «РЖД» рассматривает возможность тиражирования использования композитных брусьев на всю сеть железных

дорог, что позволит не только улучшить качество обслуживания, но и повысить безопасность и устойчивость железнодорожной сети в целом.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83147861_24066293.pdf

Искусственный интеллект как инструмент эффективного содержания объектов железнодорожной инфраструктуры

Авторы Давыдов Н.А., Ерошенко С.В., Танташев Р.Р., Васильев А.А.

На сегодняшний день искусственный интеллект (ИИ) находит применение во множестве отраслей, в том числе и на железнодорожном транспорте. Внедрение ИИ – это ключевой шаг к модернизации производства. Его способность прогнозировать и оптимизировать сложные процессы используется в оценке пассажиропотока, грузопотока, финансовых показателей, дефектов вагонов, рельсов и т. д.

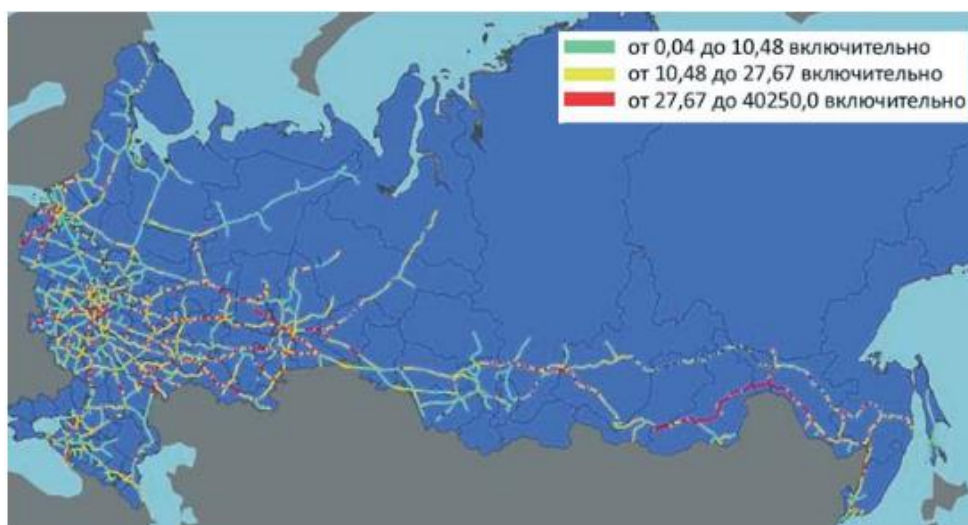
Обеспечение нормального функционирования и безопасности перевозочного процесса по всей сети имеет первостепенную важность. Ключевым моментом в этом является своевременное обслуживание инфраструктуры, которое можно разделить на два этапа эксплуатационное (обслуживание через определенный промежуток времени согласно технологическим картам) и ремонтное (обслуживание в зависимости от выработки ресурса).

Одна из составляющих эксплуатационного обслуживания – диагностика, которая предназначена для своевременного выявления неисправностей, угрожающих безопасности движения или нарушающих перевозочный процесс. Новые технологии диагностики помогают точнее выявлять отступления. Используемые сейчас инструменты оценивают текущее состояние пути, поэтому перспективной задачей становится прогнозирование состояния объектов инфраструктуры, что позволит предотвращать возможные последствия уже на ранних стадиях возникновения неисправностей. Цель разрабатываемого авторами проекта создание прототипа системы на базе технологий интеллекта, искусственного позволяющего прогнозировать на три месяца вперед количество отступлений на каждом пути перегона для повышения оперативности устранения отступлений и снижения негативного влияния на эксплуатационные показатели. В качестве прогнозируемых значений было выбрано десять групп отступлений, оказывающих наибольшее влияние на эксплуатационные показатели пути.

Разработанный прототип системы прогнозирования состоит из трех основных блоков, взаимодействующих между собой. Блок обработки данных подготавливает информацию из пути за базы данных, которая состоит из параметров содержания и функционирования определенный период, ранжирует отступления по степени влияния на эксплуатационные показатели, фильтрует, собирает статистику и агрегирует по месяцам. Блок содержит сведения более чем по 8000 путям перегонов. Каждому из них соответствует

48 записей, производимых ежемесячно с 2020 по 2023 г. включительно, которые содержат информацию по количеству и типу отступлений, ремонтов, грузонапряженности, прошедшему тоннажу и т. д. (всего 210 признаков).

В блоке ИИ находятся переобученные модели на базе нейросети LSTM (нейросеть с долгой краткосрочной памятью). Выбор LSTM обусловлен тем, что она по сравнению с другими методами машинного обучения позволяет не только улавливать влияние различных признаков на прогнозируемое значение, но и учитывать временные зависимости. В блок ИИ загружают подготовленные данные за рассматриваемый период. Блок ИИ принимает информацию о необходимом пути из блока интерфейса, после чего дополнительно дообучается и делает прогноз на последние три месяца 2023 г. Затем спрогнозированные значения отправляются в блок интерфейса для визуализации. Каждому из десяти прогнозируемых отклонений соответствовала отдельная модель. Для ее предобучения и валидации использовали данные, отсортированные по дате. Для определенного шага обучения модели в качестве признаков использовали описание пути перегона за 11 месяцев, а в качестве целевого последующие три месяца прогнозируемого значения. Блок интерфейса обеспечивает пользователю возможность визуализировать получаемую информацию. Интерфейс был реализован с интерактивной картой железнодорожных путей и сводной статистикой за 2023 г.



2. Фрагмент веб-интерфейса прототипа системы прогнозирования с указанием плотности инцидентов, шт/км

Пользователю предоставляется возможность выбрать одну из десяти групп отступлений для прогноза и интересующий участок пути непосредственно на интерактивной карте. После определения прогнозируемого отступления информация отправляется в блоки ИИ и подготовки данных. Затем блок интерфейса принимает соответствующую информацию и визуализирует данные в виде графиков и статистики. Кроме

этого, изменяя значения умножением на коэффициент в грузонапряженности диапазоне 0,851,15, пользователь может оценить влияние фактора грузонапряженности на смену количества отступлений.

Для оценки качества прогнозов модели сравнили суммы истинных и прогнозных значений за последние три месяца 2023 г. Отклонение прогнозируемого количества отступлений от истинного составило 4,6% по всей сети железных дорог. Полученные результаты показывают, что разработанная система с применением искусственного интеллекта может оказать следующую помощь:

- выявление путей перегонов, требующих особого внимания в последующие три месяца;
- оценка влияния грузонапряженности на изменение количества отступлений в содержании верхнего строения пути;
- квартальное планирование работ и материалов для дистанции пути.

https://elibrary.ru/download/elibrary_83147870_67073647.pdf

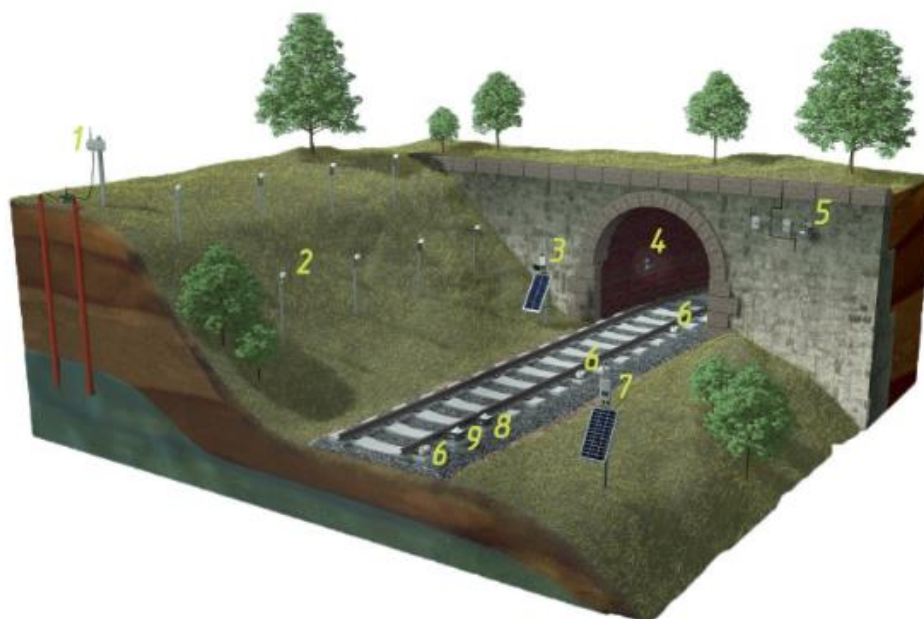
Датчики мониторинга пути на британских железных дорогах

Авторы Космин В.В., Космин А.В.

Защита пути от внешних воздействий, особенно в горных районах, представляет сложную задачу и требует непрерывного наблюдения, сопровождающегося большими затратами труда и ресурсов.

Современный подход к ее решению опирается на методы инструментального мониторинга, в том числе беспроводного. Его результативность зависит от масштабов и характера воздействия на путь окружающей среды. Для оценки эффективности беспроводной системы мониторинга пути на Британских железных дорогах провели испытания, в том числе в горной местности, с использованием различных типов валунов, обрушение которых создает большие угрозы безопасности движения поездов. В этих целях были адаптированы инженерные решения с применением беспроводного мониторинга компании Senseive, которая является экспертом в области разработки, производства и совершенствования таких систем, а также технологий для горнодобывающей промышленности.

Рассматривались следующие три ключевые физико-географические ситуации: устойчивость склонов, включая вырубку, естественные склоны и насыпи, с особым акцентом на раннее обнаружение оползней, размывов и провалов дренажа; выявление с помощью мониторинга периодичности случаев камнепада, который может вызвать разрушительные и опасные блокировки линий; влияние высоких температур на рельсы, в частности, автоматизированное дистанционное обнаружение смятия рельсов, вызывающего значительные нарушения в работе железных дорог.



2. Система интегрированного дистанционного мониторинга для железнодорожной инфраструктуры:

1 — цифровой интерфейсный узел; 2 — беспроводные датчики наклона; 3 — камера 4G; 4 — оптический датчик смещения; 5 — датчик трещинообразования; 6 — наноузел трехосного наклона; 7 — сетевой шлюз 4G; 8 — датчик температуры; 9 — милливольтный датчик

Существует четкая взаимосвязь между увеличением частоты экстремальных осадков и числом случаев разрушения откосов земляного полотна. Инженеры геотехники британской компании Network Rail с 2019 г. применяют беспроводные решения дистанционного мониторинга для заблаговременного предупреждения об оползнях. В настоящее время используется более 40 тыс. датчиков наклона компании Senceive, которая специализируется на беспроводных системах мониторинга состояния, и охватывает около 50 км пути. Используя интеллектуальное программное обеспечение InfraGuard для мониторинга, соответствующую технологию за это время значительно усовершенствовали.

Одним из примеров непрерывного развития является радикальное улучшение съемочных камер системы, которые автоматически срабатывают при движении грунта и обеспечивают получение изображений высокого разрешения и днем, и ночью без использования вспышки или другого дополнительного источника освещения. Камеры, способные обнаружить объект размером с футбольный мяч на расстоянии 50 м при любом освещении, помогают быстро принимать решения и значительно снижают риск сбоев в работе железной дороги и схода подвижного состава с рельсов.

Другой пример более простая интеграция с приборами геотехнического мониторинга, такими как пьезометры и инклинометры, предусматривающая, что автоматизированная беспроводная система теперь может отслеживать как неглубокие, так и глубокие движения грунта.

Технология беспроводного дистанционного мониторинга широко применяется для обнаружения крупных массовых разрушений грунтовых склонов. Для скальных же склонов, для которых характерно движение отдельных валунов или локальных обломков, указанная методология оказалась непригодной. Это связано с тем, что небольшие объекты могут падать между точками установки датчиков наклона, представляя при этом значительную угрозу для железнодорожного полотна и других объектов инфраструктуры. Потребовалось специальное решение. Компания Network Rail выполнила адаптацию существующей беспроводной технологии. В начале 2024 г. были проведены испытания на скалистых склонах на полигоне в Швейцарии, что способствовало разработке инновационной многорежимной беспроводной системы обнаружения. Этот метод строится на отслеживании последствий попадания обломков скальных пород в улавливающие ограждения и может срабатывать в различных режимах.

Возможны три режима действия системы. Режим 1: крупный камень ударяется об установленный с верхней стороны забор, вызывая вращение его стоек, обнаруживаемое расположенными на них датчиками наклона. Режим 2: камень бьется о забор, но сила удара поглощается проволокой, и столбы не перемещаются, однако движение элементов забора фиксируется датчиками натяжения проволоки. Режим 3: камень отскакивает вниз по склону, ударяется об ограждение и перепрыгивает через него, но при этом резкое ускорение обнаруживается датчиками удара в узлах наклона, установленных на стойках, независимо от частоты опроса. Это надежное эффективное решение с высоким коэффициентом обнаружения и малым числом ложных срабатываний. Во всех трех режимах уникальный искусственный интеллект, встроенный в датчики, может запустить программу, чтобы оповестить пользователей, получить сообщения от соседних датчиков и передать фотографии места происшествия.

Высокие температуры и участвовавшие волны тепла, как правило, вызывают более тысячи задержек движения на сети железных дорог Великобритании ежегодно. Принятые меры управления включают визуальный осмотр, локальный мониторинг температуры и упреждающее ограничение скорости. Признано, что необходим более тщательный подход, поэтому операторы, такие как Network Rail, стремятся адаптировать беспроводные технологии мониторинга для обнаружения боковых перемещений, вызванных жаркой погодой, которая нагружает рельсы сверх проектных пределов.

Беспроводные датчики наклона широко используются для мониторинга изменений геометрии пути, таких как наклон, кручение и продольная осадка. В последнее время команда разработчиков Senceive была занята отладкой методики, использующей лазерные датчики перемещения, установленные в различных режимах, в том числе параллельно рельсам, для обнаружения боковых перемещений. Лазерный датчик является частью семейства беспроводных 10-ти устройств компании, он может немедленно оповещать удаленных пользователей о нарушении пороговых значений перемещения.

За два десятилетия технология беспроводного мониторинга прошла большой путь, а постоянное развитие и совершенствование новых приложений помогает инженерам решать актуальные проблемы, в том числе возникающие в связи с изменением погодных условий.

https://elibrary.ru/download/elibrary_82815822_44778268.pdf