МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

МАТЕРИАЛЫ
XI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Гомель, 25–26 ноября 2021 г.)

Ч а с т ь 1

Под общей редакцией *Ю. И. КУЛАЖЕНКО*

Гомель 2021

УДК 656.08
ББК 39.18
П78

Редакционная коллегия:

Ю. И. Кулаженко (отв. редактор), **Ю. Г. Самодум** (зам. отв. редактора),
А. А. Ерофеев (зам. отв. редактора), **Т. М. Маруняк** (отв. секретарь),
**К. А. Бочков, Д. И. Бочкарев, Т. А. Власюк, И. А. Еловой, Д. В. Леоненко,
В. Я. Негрей, В. М. Овчинников, А. А. Поддубный, А. В. Пигунов, А. О. Шимановский**

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор **В. В. Кобищанов**
(Брянский государственный технический университет);
доктор технических наук, профессор **Ю. О. Пазойский**
(Московский государственный университет путей сообщения)

П78 **Проблемы** безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 25–26 ноября 2021 г.) : в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2021. – 338 с.

ISBN 978-985-891-052-5 (ч. 1)

Рассматриваются теоретические и организационно-технические основы обеспечения безопасности транспортных систем; пути повышения безопасности и надежности подвижного состава и систем электроснабжения; информационная и функциональная безопасность систем автоматики, телемеханики и связи; энергетическая и экологическая безопасность транспорта; вопросы безопасности транспортной инфраструктуры; надежности и безопасности зданий и сооружений; безопасности пассажирских перевозок; естественные науки в обеспечении безопасности транспортных систем; экономическая безопасность транспортных систем; транспортная безопасность при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций.

Для ученых, преподавателей учебных заведений транспортного профиля, научных и инженерно-технических работников научно-исследовательских и проектных организаций, предприятий и учреждений транспорта и строительства.

УДК 656.08
ББК 39.18

ISBN 978-985-891-052-5 (ч. 1)
ISBN 978-985-891-051-8

© Оформление. БелГУТ, 2021

УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ!

От имени организационного комитета XI Международной научно-практической конференции «Проблемы безопасности на транспорте» приветствую вас, желаю успешной работы, плодотворного обсуждения проблем безопасности на транспорте.

Обеспечение безопасности перевозочного процесса всегда являлось приоритетной задачей транспортного комплекса. Для ее решения необходимо сотрудничество ученых и специалистов в различных областях деятельности. Программа конференции направлена на обсуждение широкого круга вопросов по безопасности транспортных систем, пассажирских перевозок, надежности подвижного состава, систем автоматики, телемеханики и связи, транспортной инфраструктуры, строительного комплекса, экологической, энергетической и экономической безопасности, транспортной безопасности при угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций, фундаментальным научным исследованиям в области безопасности транспортных систем, что позволит найти комплексные, эффективные решения сложнейших задач в области безопасности на транспорте.

Несмотря на сложную эпидемиологическую ситуацию в мире в этом году отмечается большой интерес к конференции. В очной и дистанционной формах работы 10 секций конференции принимает участие около 500 докладчиков. Наша конференция является хорошей возможностью ознакомить участников с научными достижениями ученых и специалистов, передовыми производственными технологиями, а также установить новые научно-производственные связи с учеными и специалистами из разных стран.

Ежегодная конференция «Проблемы безопасности на транспорте» традиционно проводится в университете при поддержке Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь и Белорусской железной дороги. Такое сотрудничество, активный диалог между наукой и производством по проблемам безопасности позволит сформулировать новые подходы и найти эффективные решения актуальных задач безопасности транспортного комплекса.

Благодарю вас за участие в работе конференции, желаю всем успехов в решении научных и производственных задач, личного счастья, крепкого здоровья, безопасного настоящего и будущего.

Ю. И. КУЛАЖЕНКО,
председатель организационного комитета конференции,
ректор Белорусского государственного университета транспорта,
доктор физико-математических наук

Посвящается 100-летию со дня рождения профессора П. А. Сыцко

1 БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

УДК 338.47:656.225:656.212:656.25

СТАНЦИЯ ПЕРЕДАЧИ ВАГОНОВ – ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ В БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

А. А. АКСЁНЧИКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Белорусская железная дорога работает в зоне высокой интеграции с железными дорогами Российской Федерации, республиками Литва, Латвия, Украина и Польша. Она интегрирована в межконтинентальный транспортный проект «Один пояс и один путь» – железнодорожной перевозки грузов в контейнерах в направлении Китай – Западная Европа – Китай.

В рамках функционирования II и IX международных транспортных коридоров:

– выполняется регулярное движение международных контейнерных поездов из Китая в страны Европейского союза (направление Орша – Брест);

– работают интермодальные поезда «ВИКИНГ» (Одесса – Минск – Клайпеда) и «ЗУБР» (Одесса – Витебск – Рига), следующие по Белорусской железной дороге.

Также «Китайско-европейский экспресс» связал Китай и Европу. Это железнодорожный маршрут Урумчи – Дуйсбург, протяженность которого составила 8000 км. Время нахождения поезда в пути составляет 10 дней, что позволяет считать этот способ транспортировки китайских грузов в ЕС железнодорожным транспортом самым быстрым из существующих.

В этом проекте «Китайско-европейский экспресс» Беларуси принадлежит место основного коммуникационного узла. В частности в 2020 году объем контейнерных перевозок Беларуси в Китай превысил 22 тыс. единиц, что на 70 % больше, чем в 2019 году. Такая тенденция остается и в 2021 году.

Какие бы не были маршруты доставки груза железнодорожным транспортом, основную роль в них играют станции передачи вагонов (СПВ), на которых осуществляются приемо-сдаточные операции по передаче ответственности по сохранности груза и подвижного состава одного участника перевозочного процесса другому.

В зависимости от того, как ритмично и слаженно работают службы, работники различных хозяйств, как используется инфраструктура СПВ для обработки поездов, передаваемых железнодорожным администрациям сопредельных государств – всё это влияет на безопасность движения поездов и соответственно на транзитную привлекательность железнодорожного транспорта.

Поезда, следующие из Китая в Европу и обратно, проходят не только различные страны (Китай, Казахстан, Россию, Беларусь, Польшу, Германию), но и союзные образования (ЕАЭС и ЕС), в которых используют как международные, так и союзные технические нормативно-правовые акты, в которых прописаны требования по приемо-сдаточным операциям. Все эти требования объединяются на СПВ. Одной из основных железнодорожных станций, выполняющих функции СПВ, входящих в инфраструктуру II международного транспортного коридора, является железнодорожная станция Брест-Восточный, на которой встречаются требования двух разных союзных образований – ЕАЭС и ЕС.

Железнодорожная станция Брест-Восточный является классической двухсторонней сортировочной станцией с последовательным расположением парков, которая имеет две сортировочные системы: четную и нечетную.

Преимуществом таких железнодорожных станций является:

– поточность выполнения операций с перерабатываемыми вагонами;

– независимость работы обеих систем;

– наибольшая пропускная и перерабатывающая способности;

– наименьшие пробеги вагонов прямых направлений.

Недостатком двухсторонних железнодорожных станций является то, что угловой поток перерабатывается дважды.

В нечетной сортировочной системе имеются три последовательно расположенных парка: Восточный парк прибытия (ВПП), Восточный сортировочный парк (ВСП) и Западный парк отправления (ЗПО).

Между ВПП и ВСП расположена нечетная немеханизированная сортировочная горка, которая не эксплуатируется с февраля 1994 года в связи с падением объемов работы на железнодорожной станции Брест-Восточный. Переработка вагонов на сортировочных горках двух систем в 1993 году составляла 1102 вагона, снижение переработки произошло на 82 % по сравнению с 1990 годом (2006 вагонов). Для уменьшения эксплуатационных расходов было принято решение вывести из эксплуатационной работы станции Брест-Восточный немеханизированную нечетную сортировочную горку с надвижной и спускной частями (на сегодняшний день не используется более 26 лет).

За 26 лет в технологии работы железнодорожной станции произошли различные изменения: при образовании ЕС (в 1993 году) повысились требования к приемо-сдаточным операциям и оформлению перевозочных документов на поезда, следующие в международном сообщении, что привело к увеличению времени на выполнение этих операций; изменение структуры вагонопотока, в том числе формирования поездов и групп вагонов по заявкам перевозчиков, в связи с этим появилась дополнительная работа по формированию заявок различных перевозчиков; станционные пути начали использовать для отстоя фитинговых платформ различных собственников и многое другое – всё это привело к увеличению времени нахождения поездов и вагонов на инфраструктуре железнодорожной станции и уменьшению наличной пропускной способности ее элементов.

Произведенные исследования и расчеты показали, что при максимальных объемах работы железнодорожной станции на 2025 год среднесуточная загрузка четной сортировочной горки составит 1639 вагонов/сутки. Резерв наличной перерабатывающей способности в 2020 году составил 37 % (564 вагона), а в 2025 году потребная перерабатывающая способность на 130 вагонов будет превышать наличную перерабатывающую способность существующей четной сортировочной горки (1509 вагонов/сутки).

На основании выполненного анализа и произведенных расчетов, для определения лимитирующих элементов инфраструктуры железнодорожной станции, выполнено графическое моделирование работы станции по четырем вариантам суточного плана-графика работы железнодорожной станции Брест-Восточный:

1-й вариант – работа железнодорожной станции по существующей технологии;

2-й вариант – работа железнодорожной станции при вводе в эксплуатацию нечетной сортировочной горки – станция работает как двухсистемная;

3-й вариант – работа железнодорожной станции по существующей технологии при увеличении эксплуатационной нагрузки на 30 %;

4-й вариант – работа железнодорожной станции при вводе в эксплуатацию нечетной сортировочной горки – станция работает как двухсистемная, при увеличении эксплуатационной нагрузки на 30 %.

Также определены наиболее загруженные элементы инфраструктуры железнодорожной станции Брест-Восточный, которыми являются стрелочные переводы 75, 81, 83, 89, 91, 93 при существующей технологии (коэффициент загрузки их составляет 0,81), при работе станции как двухсистемной коэффициент загрузки этих стрелочных переводов уменьшается на 19 % и составляет 0,66.

На основании анализа материала и экспертной оценки технологии работы железнодорожной станции Брест-Восточный разработаны мероприятия, необходимые для возобновления функционирования нечетной сортировочной системы.

Произведенные мероприятия позволят восстановить поточность выполнения операций с перерабатываемыми вагонами, независимость работы обеих систем, увеличить наличную пропускную и перерабатывающую способности элементов инфраструктуры железнодорожной станции и сократить перепробег вагонов, поездных и маневровых локомотивов. Все это прямо или косвенно повлияет на повышения безопасности движения поездов и маневровой работы на железнодорожной станции Брест-Восточный.

Риски по данной работе:

– уменьшение поездопотока в связи с перенаправлением РЖД на другие логистические направления: северные (Лужская сортировочная станция Октябрьской железной дороги Ленинградской области и др.), южные – через порта черноморского бассейна;

– передача части поездопотока на ПКП через другие погранпереходы (Брузги, Свислочь);

– отказ европейских потребителей от российской продукции (углеводородное сырьё и др.);

– и другие скрытые риски, которые лежат не в области экономики.

УДК 656.212.5:656.2.08

ПОДХОДЫ К УНИФИКАЦИИ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ И СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИХ ИДЕНТИФИКАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В. П. БЕЛЯНКО
Белорусская железная дорога, г. Минск

В. Г. КОЗЛОВ, О. А. ТЕРЕЩЕНКО, Ю. О. ЛЕИНОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С развитием информационно-управляющих систем и систем поддержки принятия управленческих решений на Белорусской железной дороге появились принципиально новые возможности в сфере цифровой трансформации процессов организации и проведения комиссионных месячных осмотров железнодорожных станций (далее – КМО), а также в обеспечении задач анализа и контроля технического состояния объектов железнодорожной инфраструктуры.

В настоящее время в рамках цифровой трансформации железнодорожного транспорта сотрудниками научно-исследовательской лаборатории «Управление перевозочным процессом» вместе со специалистами Белорусской железной дороги разрабатывается автоматизированная система «Комиссионный месячный осмотр» (далее – АС КМО). На первых этапах разработки был изучен опыт организации и проведения КМО на железнодорожных станциях различного типа и разработаны соответствующие НТПА, регламентирующие процесс проведения КМО. На основе «СТП БЧ 15.359-2017. Порядок проведения комиссионных месячных осмотров на станциях Белорусской железной дороги», «Методического пособия по проведению комиссионных осмотров станционного хозяйства» и другой нормативно-технической документации создана онтологическая модель объектов инфраструктуры железнодорожной станции в рамках процесса КМО, которая использовалась при формировании классификатора АС КМО.

Одним из важных этапов разработки автоматизированной системы АС КМО является формирование классификаторов, необходимых для однозначной идентификации объектов проведения КМО, комплекса технических средств железнодорожной станции, возможных неисправностей технических средств и нормативов их устранения.

В АС КМО применяется трехуровневая система классификации:

1-й уровень: классификатор *«Объекты проведения КМО»* представляет собой перечень железнодорожных станций и их подсистем, которые являются отдельными единицами (самостоятельными объектами) проведения КМО. Объектом проведения КМО может являться как железнодорожная станция, так и отдельная ее подсистема.

2-й уровень: классификатор *«Объекты железнодорожной инфраструктуры и технических средств станции»* служит для упорядочения структуры указанных объектов и обеспечения их взаимосвязи с базой данных возможных неисправностей и параметров их устранения.

3-й уровень: классификатор *«Основные недостатки (неисправности) устройств станции»* является составной частью базы данных АС КМО и предназначен для унификации основных неисправностей устройств железнодорожной станции. Объектом классификации является недостаток (неисправность) устройства железнодорожной станции.

Указанный перечень классификаторов, структурно разделенный на 3 уровня, позволяет формировать акт проведения КМО в унифицированной форме для всех железнодорожных станций, а также осуществлять контроль и производить системный анализ результатов.

При формировании акта проведения КМО учитываются следующие параметры:

– характеристика технического устройства станции;
– нормативные значения;
– допустимые отклонения от норм (основное и дополнительное);
– параметры неисправности;

– ограничения до устранения неисправности;
– сроки устранения;
– ответственные за устранение неисправности подразделения;
– ограничения после устранения неисправности.

Каждый объект КМО описывается указанной группой параметров, значение которых определены в разработанном классификаторе. При этом параметры объекта могут зависеть друг от друга, отсутствовать или иметь значение, отличное от классификатора. Для оптимизации процесса формирования акта КМО, уменьшения количества операций, связанных с набором значений параметров объектов и их неисправностей, был разработан соответствующий адаптивный механизм идентификации значений параметров в классификаторе.

Например, при формировании акта неисправностей стрелочного перевода учитываются следующие параметры: вид стрелочного перевода, место промера, тип рельса стрелочного перевода, марка крестовины и ширина колеи. От выбранных значений параметров зависят возможные неисправности стрелочного перевода и последующие ограничения эксплуатации. При этом у каждого элемента стрелочного перевода (остряк, крестовина, рамный рельс и др.) есть своя группа неисправностей (не запирается с шаблоном 2 мм, выпадение, разрыв и др.) и их допустимые значения, условия и ответственное подразделение за устранение. Все перечисленные зависимости составляют развернутую карту возможных состояний стрелочного перевода с прямыми и обратными функциональными зависимостями параметров. Адаптивный механизм идентификации позволят по части вводимых параметров стрелочного перевода автоматически определить и сформировать значения остальных параметров, которые указаны в карте возможных состояний стрелочного перевода. Это унифицирует и ускоряет процесс формирования акта КМО о неисправностях объекта инфраструктуры железнодорожной станции.

Необходимо отметить, что предложенный адаптивный механизм идентификации построен на концепции создания гибких автоматизированных систем. При изменении классификатора или карты возможных состояний объектов не требуется вносить изменения в программное обеспечения или базу данных АС КМО, механизм настроится к новых исходным данным. При этом изменения не коснутся предыдущих результатов КМО, при анализе будут учитываться все варианты и изменения классификатора. Это позволит проводить комплексный план-факторный анализ и оперативный контроль технического состояния инфраструктуры станций Белорусской железной дороги.

Разработанные классификаторы позволили унифицировать процесс формирования актов комиссионного осмотра и создать механизм идентификации и сопоставления объектов (элементов) инфраструктуры и соответствующих недостатков (неисправностей). Классификатор используется в задачах оценки текущего содержания технических устройств станций, контроля за своевременным качественным устранением выявленных неисправностей станций и анализа эффективности комиссионных осмотров станций.

Унификация данных о техническом состоянии объектов железнодорожного транспорта и процессов проведения КМО обеспечит интеграцию АС КМО в интеллектуальную систему управления поездной работой, что даст возможность другим информационно-управляющим системам получать актуальную и оперативную информацию о состоянии объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Создание и внедрение АС КМО на Белорусской железной дороге сократит технические и трудовые ресурсы при проведении комиссионных месячных осмотров железнодорожных станций, расширит инструментарий анализа и постоянного контроля, увеличит прозрачность организационно-отчетных процедур в системе КМО. При этом глобальной целью разработки АС КМО является создание дополнительной информационной среды (базы знаний технологии работы станций) для цифровой трансформации перевозочного процесса Белорусской железной дороги.

УДК 656.2

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ СОСТАВОВ

С. А. БОРЕЙКО
СЗАО «Электромеханический завод», г. Молодечно, Республика Беларусь

Современные тенденции развития общества показывают, что на железнодорожных станциях, где выполняется приём и отправление поездов с закреплением составов, стало актуальным наличие таких устройств, которые могли бы не только заменить ручной труд башмачника, но и автоматизировать или механизировать работу по закреплению составов в приёмо-отправочных или сортировочно-отправочных парках станций.

Уже имеется ряд устройств, позволяющих производить механизированное закрепление составов, уменьшая ручной труд башмачников. На ряде станций российских, белорусских и украинских железных дорог нашли применение такие устройства, как упор тормозной стационарный УТС-380 (российского производства), упор стационарный «Iron Python» (производство США), позволяющие механизировать закрепление составов на железнодорожных путях. Но они обладают рядом недостатков, которые не позволяют массово применять на железных дорогах – необходима точность позиционирования, сложность монтажа, высокая цена и др.

Наше предприятие также включилось в работу по созданию современных закрепляющих устройств.

Исходя из того, что выход состава с приёмо-отправочных на главные пути недопустим даже при отключении источников энергии, приводящих в действие закрепляющее устройство, нами было принято решение, что состав должен закрепляться за счёт силы тяжести вагонов, которая действует всегда, независимо от других источников энергии. В результате было разработано устройство, удерживающее весовое УВУ для приёмо-отправочных (сортировочно-отправочных) путей, основанное на весовом принципе работы, как известный многим работникам сортировочных горок весовой замедлитель КВ. Только в отличие от него у нашего устройства ходовые рельсы имеют возможность опускаться на небольшую величину в процессе закрепления. С обеих сторон каждого ходового рельса длиной 12,5 м определённым образом смонтированы тормозные рельсы, образующие клещевидные захваты. Ходовые рельсы устройства скреплены со смежными рельсами с помощью специальных накладок и пластин, удерживающих ширину колеи на стыках, но позволяющих смещаться вертикально.

Последовательность работы по закреплению. Локомотив подаёт состав на путь с устройствами УВУ, скорее всего их будет два и более, позиционирует первый грузовой вагон в устройстве. Возможен вариант позиционирования в одном устройстве тележек двух смежных грузовых вагонов. Оператор или дежурный включает команду на закрепление, после чего происходит контролируемая просадка ходовых рельсов до 50 мм, клещи из тормозных рельсов одновременно сводятся, поднимаются и зажимают ободы всех колёс, находящихся в пределах устройства УВУ. Затем локомотив может расцепляться и двигаться дальше.

Для выхода состава с пути локомотив сцепляется с вагоном, закреплённым на устройстве. Оператор или дежурный включает команду на открепление. Для освобождения вагона используется сила гидравлических цилиндров, которые поднимают ходовые рельсы устройства до уровня головки смежных рельсов, при этом тормозные рельсы не только расходятся, но и опускаются до габарита нижнего очертания 65 мм по высоте, позволяющего пропускать основной подвижной состав и магистральные локомотивы. На стыках установлены датчики, которые контролируют наличие поднятого положения ходовых рельсов устройства и возможности беспрепятственного проезда состава перед закреплением или после освобождения.

Управление устройством осуществляется как вручную со шкафа управления, расположенного рядом с устройством в междупутье, так и с пульта оператора или дежурного по парку. Поскольку всей аппаратурой управляет контроллер, это позволяет интегрировать управление в имеющуюся централизацию парка или всей станции и осуществлять автоматическое управление, в том числе внедрять в проекты «Цифровая станция» и «Цифровая железная дорога».

В связи с наличием весового принципа работы перед монтажом устройства УВУ необходима подготовка небольшого котлована с укладкой железобетонных ригелей по ширине колеи, чтобы неподвижные элементы, образующие опорную часть, не проседали в балласте.

28 гидравлических цилиндра грузоподъёмность 20 т каждый равномерно распределены по всей длине обоих ходовых рельсов устройства, а также 4 шт. установлены под стыками, что обеспечивает минимально допустимые перепады высот и безопасность проезда поездов по стыкам. Для повышения надёжности поднятого положения ходовых рельсов устройства гидравлические цилиндры через один подключены к двум гидравлическим линиям. При повреждении или утечке в одной линии или отказе одного гидроцилиндра работать будут соседние и далее через один, что всё равно позволяет удерживать на одном ходовом рельсе устройства массу 140 т либо на всём устройстве массу 280 т.

В настоящее время изготовлен опытный образец устройства УВУ, который находится на второй стадии опытной эксплуатации на станции Молодечно Белорусской железной дороги – проверке удерживающих усилий в разную пору года. Устройство вмонтировано в путь, по нему осуществляется пропуск, в основном, локомотивов без какого-либо закрепления. Для этого имеется система механической фиксации ходовых рельсов в этом положении, которая работает при отсутствии электропитания, давления в гидравлической системе и самой гидравлической системы, которая временно отсоединена.

На время проведения испытаний тяговых усилий производится подключение гидравлической системы и подача электропитания в шкаф управления. Затем формируется состав из четырёх грузовых вагонов разных весовых категорий и вагона-лаборатории тяговых и тормозных испытаний. Локомотив тянет вагоны в разной комбинации по устройству УВУ в закрытом положении, вагон-лаборатория регистрирует возникающие при этом тормозные усилия.

Для продолжения эксплуатационных испытаний в реальных условиях приёмо-отправочного парка необходимо сейчас начинать работы по увязке устройства УВУ с микропроцессорной централизацией парка.

УДК 331.45 : 613.6

ОБЪЕКТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОДНОВРЕМЕННОГО НАБЛЮДЕНИЯ В СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ УСЛОВИЙ ТРУДА

В. Е. БУРАК

Российская открытая академия транспорта Российского университета транспорта, г. Москва

При проведении в РФ специальной оценки условий труда отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда по напряжённости трудового процесса осуществляется по ряду показателей, среди которых «число производственных объектов одновременного наблюдения» является одним из наиболее спорных по пониманию его сущности и методике измерения [1].

Опыт проведения специальной оценки условий труда показал, что участники этой процедуры могут совершенно по-разному понимать выражение «производственный объект», что приводит к появлению сомнений в правомерности определения степени вредности для того или другого рабочего места.

Поскольку от этого зависит здоровье работника и степень компенсации за вредные условия труда, считаем *актуальным* исследовать терминологию показателя.

Цель исследования – установление объективных критериев оценки условий труда по показателю «число производственных объектов одновременного наблюдения».

Задача: дать оценку термина «производственный объект» с точки зрения охраны труда и специальной оценки условий труда.

Показатель «число производственных объектов одновременного наблюдения», вошедший в методику проведения специальной оценки условий труда и Классификатор вредных и (или) опасных производственных факторов не является новым. Он взят, с некоторыми изменениями, из аттестации рабочих мест, базовым методическим документом которой стало Руководство (2005 г.) [2].

В нормативно-правовых документах более высокого ранга, принятых после вступления в действие Руководства, появились пояснения термина для некоторых отдельных случаев.

ГОСТ Р ИСО 14064-1–2007 установил для *сферы экологии*, что производственный объект (facility) – это установка, комплект установок (стационарных или передвижных) или производственные процессы, которые могут быть определены в рамках единой географической границы, организационной единицы или единого производственного процесса.

В Постановлении Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» *для объектов капитального строительства* дано следующее определение: это объекты производственного назначения (здания, строения, сооружения производственного назначения, в том числе объекты обороны и безопасности), за исключением линейных объектов.

В Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности применительно к требованиям *пожарной безопасности* появилась следующая трактовка: производственные объекты – объекты промышленного и сельскохозяйственного назначения, в том числе склады, объекты инженерной и транспортной инфраструктуры (железнодорожного, автомобильного, речного, морского, воздушного и трубопроводного транспорта), объекты связи.

Перечисленные производственные объекты не входят, как правило, в состав рабочих мест. Наоборот, рабочие места находятся в их составе или под их воздействием. По этой причине установление степени вредности по показателю «число производственных объектов одновременного наблюдения» не стало более точным и корректным после вступления в действие вышеперечисленных нормативных актов.

Появившаяся в 2014 г. Методика проведения специальной оценки условий труда и Классификатор вредных и (или) опасных факторов не внесли ясность в процесс идентификации вредности по данному показателю [1].

Самая широкая трактовка появилась в № 248-ФЗ. Производственные объекты, по логике указанного ФЗ, – это здания, помещения, сооружения, линейные объекты, территории, включая водные, земельные и лесные участки, оборудование, устройства, предметы, материалы, транспортные средства и другие объекты, которыми граждане и организации владеют и (или) пользуются и к которым предъявляются обязательные требования (2020 г.) [3].

Однако и в этом случае, с точки зрения охраны труда, не произошло повышение качества идентификации вредности, поскольку все названные объекты включают в себя рабочие места, а не наоборот.

Очевидно, привязка к термину «производственный объект» не позволяет решить проблему идентификации вредности.

В связи с этим предлагается заменить указанный термин на другой – «объект профессиональной деятельности». А показатель «число производственных объектов одновременного наблюдения», как архаичный, заменить на «*количество объектов профессиональной деятельности одновременного наблюдения*».

К объектам профессиональной деятельности можно относить системы, предметы, явления, процессы, на которые направлено воздействие по их преобразованию или улучшению.

Чем больше таких объектов, тем проблематичнее их идентификация, выше *уровень информационной неопределённости* и сложнее процедура принятия управленческих решений.

С учётом вышеизложенного и практики проведения специальной оценки условий труда предлагаем в «количество объектов профессиональной деятельности одновременного наблюдения» включать технологические процессы, используемое оборудование, приборы, материалы, сырьё, живые организмы, в т. ч. сотрудников, находящихся в пределах рабочего места, под контролем и (или) управлением работника не менее 80 % рабочей смены.

В примечании 10 к Классификатору вредных и (или) опасных производственных факторов имеется секвестирующее уточнение, что данный фактор идентифицируется при выполнении работ по диспетчеризации производственных процессов, без разъяснения, что понимается под этим родом деятельности [1].

Это даёт возможность эксперту и комиссии по проведению специальной оценки условий труда предельно широко распространять на рабочие места это ограничение, что ущемляет права работников на благоприятные условия труда, закреплённые в Конституции Российской Федерации и Трудовом кодексе Российской Федерации. Более того, сам термин «диспетчеризация» также представляется архаичным.

В связи с этим предлагается примечание 10 к Классификатору сформулировать следующим образом: «идентифицируются как вредные и (или) опасные факторы при выполнении работ по *оперативному менеджменту производства,* на рабочих местах операторов технологического (производственного) оборудования, при управлении транспортными средствами».

Во избежание проблем при идентификации фактора было бы правильным для каждой профессии, в рамках реализации системы управления охраной труда, утвердить комиссией по проведению специ-

альной оценки условий труда критерии определения и список объектов профессиональной деятельности, непосредственно, для производственных процессов, реализуемых в данной организации.

Вышеперечисленные предложения позволят, при их реализации, проводить идентификацию фактора и устанавливать класс (подкласс) вредности с большим приближением к реальным условиям труда.

Список литературы

1 Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению [Электронный ресурс] : приказ Минтруда России от 24.01.2014 № 33н (ред. от 14.11.2016). – Режим доступа : http://www.consultant.ru. – Дата доступа : 10.08.2021.

2 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006-05 (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29.07.2005) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.consultant.ru. – Дата доступа : 10.08.2021.

3 О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации [Электронный ресурс] : Фед. закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ. – Режим доступа : http://www.consultant.ru. – Дата доступа : 10.08.2021.

УДК 656.225

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ

А. А. ЕРОФЕЕВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. Ф. БОРОДИН
Институт экономики и развития транспорта, г. Москва, Российская Федерация

Решение эксплуатационных задач в Интеллектуальной системе управления перевозочным процессом (ИСУПП) [1] и оптимизация управления отдельными технологическими процессами предполагает определение критериев эффективности для каждой из подсистем и, соответственно, достижения локальных целевых показателей. Вместе с тем должны быть установлены общесистемные критерии эффективности ИСУПП.

Проблема нахождения оптимального управляющего решения (УР) состоит из трех частей:

1) формирование множества вариантов УР;

2) выбор по определенным правилам из множества вариантов подмножества рациональных УР;

3) из подмножества рациональных УР выбор оптимального.

Поиска оптимального УР в ИСУПП обеспечивает модуль «Решатель задачи».

При разработке УР для перевозочного процесса решатель задачи одной подсистемы затрагивает интересы нескольких смежных подсистем. В подобных ситуациях возможны конфликты целей и предпочтений, как на этапе подготовки, так и на этапе реализации УР (рисунок 1).

В процессе функционирования решатель задачи использует цифровую модель перевозочного процесса (ЦМПП) [2], в которой в режиме реального времени регистрируются изменения состояний объектов управления и внешней объектной среды.

При этом принципиальное значение в ИСУПП приобретает формализация той информации, которая необходима для описания основных сущностных положений УР – проблем, целей, критериев и их весов, ресурсов и ограничений, альтернатив, правил фильтрации и выбора.

Модель поиска рационального УР в ИСУПП может характеризоваться следующими условиями:

1) выбор УР при отсутствии информации об ограничениях на значения управляемых переменных, параметров объектов управления и весовых критериях значимости целей;

2) выбор УР, обеспечивающих значения управляемых переменных, параметров объектов управления и целевых функций не хуже требуемых;

3) выбор УР при наложении ограничений по некоторым основным компонентам решения;

4) выбор УР при наличии информации о весовых критериях значимости целей и доле их влияния на общее решение.

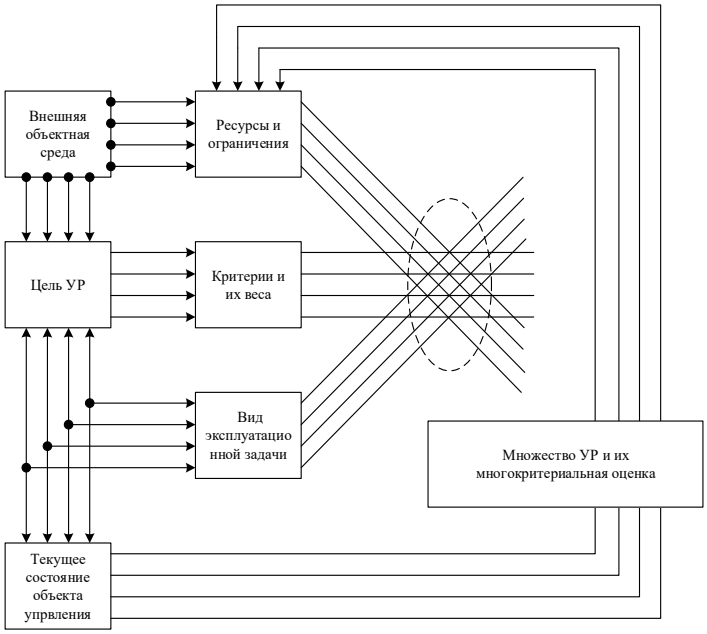


Рисунок 1 – Схема разработки УР в ИСУПП

Способы решения той или иной эксплуатационной задачи в ИСУПП непосредственно зависят от типа задачи. Е. И. Ефимов предложил следующую классификацию типов задач [3].

Задачи первого типа, для которых существует формальная схема решений, представленная на некоем формальном языке. Решение задач осуществляется по имеющейся схеме (детерминированной или вероятностной). Алгоритмическое решение таких задач закладывается на стадии проектирования ИСУПП.

Задачи второго типа, для которых не существует заранее готовой схемы решения, но хорошо известны знания о предметной области. Обычно в этом случае ЛПР в процессе эксплуатации либо вычислительных экспериментов формирует схему решения на основе трансформации неявного знания в явное знание – алгоритм решения. Формализация алгоритмического решения таких задач обеспечивается модулем «обучение» ИСУПП.

Задачи третьего типа, для которых не существует заранее готовой схемы решения и не известны знания о предметной области, которые можно трансформировать в решение. Поиск решения таких задач реализуется сложными эвристическими методами.

Упрощенно задачи первого и второго типа называют задачами первого рода, а задачи третьего типа задачами второго рода [3]. Используем предложенные Е. И. Ефимовым разработки при формировании решателя задач ИСУПП.

Для задач первого рода формирование УР происходит по правилу «Если А, то В». Это означает, что если имеет место эксплуатационная обстановка «А», то следует принять УР «В», т. е. А→В. В результате действия «В» объект управления переходит в состояние A_T (рисунок 2).

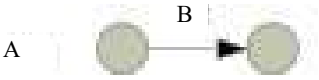


Рисунок 2 – Простое однозвенное решение

Если конечную цель A_T нельзя достичь за одно действие, то имеет место последовательное решение, когда для получения решения требуется цепочка звеньев типа

$$A_1 \rightarrow B_1 \rightarrow A_2 \rightarrow B_2 \rightarrow \ldots \rightarrow B_{N-1} \rightarrow A_T \,. \quad (1)$$

Эксплуатационная обстановка A_1 влечет действие B_1, которое приводит к состоянию объекта управления A_2. Эксплуатационная обстановка A_2 влечет действие B_2 и так далее, пока не будет достигнуто целевое состояние A_T. Такая цепочка действий будет являться «путем решения» и служить основой построения последовательного алгоритма, который приводит к решению A_T от исходной ситуации A_1. Совокупность действий {B} характеризует процесс формирования комплексного УР.

Модуль «обучения» ИСУПП должен выявлять повторяющиеся цепочки (2) и фиксировать в базе знаний как стереотипные решения.

Решение задач первого рода также предполагает возможность наличия групп альтернативных путей решений, например, $D \rightarrow E \rightarrow A_T$; $H \rightarrow P \rightarrow A_T$; $X \rightarrow Y \rightarrow A_T$ и т. п. Это решения, которые принимаются при других параметрах эксплуатационной обстановки, но приводят к тому же результату. Однако все они не допускают перехода от одного пути решения к другому. ИСУПП необходимо выбрать оптимальный путь решения и в соответствии с ним формировать УР. В этом случае решение эксплуатационной задачи описывается алгоритмом или набором не связанных между собой алгоритмов.

Решение задач второго рода предполагает при известной эксплуатационной обстановке A_b множество путей решения. В итоге необходимо получить решение A_O или конечную ситуацию. Такая ситуация является многовариантной.

Поиск УР предполагает на первом этапе выбор варианта решения (процесс решения, следующее состояние и процесс, который ведет к этому состоянию). Если таких состояний и следующих за ними решений много, то процесс поиска «пути решения» может стать необозримым, что не позволяет найти оптимальный путь решения. Решения задач второго рода предусматривает наличие циклов. В результате решение может быть оптимальным A_O, неоптимальным A_{NO1}, A_{NO2} или ошибочным A_{false} (рисунок 3).

Таким образом, при формировании УР в ИСУПП необходимо руководствоваться следующими принципами.

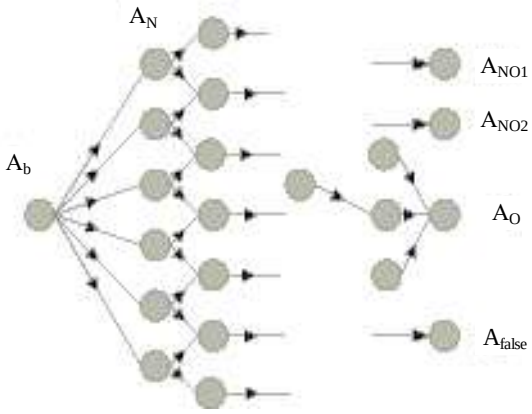


Рисунок 3 – Граф задачи второго рода

1 Задачи первого рода – решение задач с использованием имеющихся алгоритмов и прикладных программ (базового массива программ). При такой постановке проблемы предполагается, что в системе имеется заранее сформированный массив программ решения ЭЗ. Интеллектуальными функциями ИСУПП при использовании базового массива программ является поиск на основании некоторой спецификации необходимой программы для решения конкретной ЭЗ и интерпретация программы. Кроме того, в ИСУПП могут использоваться как программы, написанные на языках программирования, относящихся к императивной и декларативной парадигме (в том числе логических и функциональных), так и реализованный с использованием генетических алгоритмов и нейросетевых моделей обработки знаний.

2 Задачи второго рода – решение ЭЗ, когда алгоритм решения не известен и программа решения отсутствует. Значительную группу ЭЗ сквозного производственного планирования, оперативного планирования поездной и грузовой работы и диспетчерского управления перевозочным процессом сложно типизировать на стадии разработки ИСУПП. Специалистам, представляющим варианты решения ЛПР, и диспетчерскому аппарату зачастую приходится решать новые эксплуатационные задачи или находить их решение в новых условиях, при новых ограничениях, при новых критериях эффективности. В связи с этим необходимо применять дополнительные методы решения, не рассчитанные на решение типовых задач (например, разбиение задачи на подзадачи, методы поиска решений в глубину и ширину, методы случайного поиска решений, методы деления пополам и т. д.). Для таких задач может оказаться эффективным применение различных моделей логического вывода (классические дедуктивные, индуктивные, абдуктивные, модели, основанные на нечетких логиках, темпоральной логике и др.).

Использование приведенных выше принципов позволит разрабатывать ИСУПП как полнофункциональную, развивающуюся систему.

Список литературы

1 **Ерофеев, А. А.** Разработка интеллектуальной системы управления перевозочным процессом на Белорусской железной дороге / А. А. Ерофеев, О. А. Терещенко, В. В. Лавицкий // Железнодорожный транспорт. – 2020. – № 6. – С. 74–77.

2 Применение предметно-ориентированной ГИС для решения задач оперативного управления перевозочным процессом на Белорусской железной дороге / А. А. Ерофеев [и др.] // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2018. – № 2 (37). – С. 50–56.

3 **Ефимов, Е. И.** Решатели интеллектуальных задач / Е. И. Ефимов. – М. : Наука, 1982. – 320 с.

УДК 614.8.06, 324.9

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А. А. ЕРОФЕЕВ, О. А. ТЕРЕЩЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

П. И. БРЕЧКО
Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, г. Минск

Защищенность объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства (транспортная безопасность) находится под пристальным вниманием исследователей и практиков. Мировым сообществом вопросы транспортной безопасности рассматриваются как часть коллективной и национальной безопасности с уклоном на ее дифференцированное регулирование по видам транспорта и направлениям деятельности.

Регулирование вопросов обеспечения транспортной безопасности в мире, как составной части общей системы безопасности, осуществляется на двух основных уровнях:

– наднациональном (акты Организации Объединенных Наций, Европейского союза, Содружества Независимых Государств, Союзного государства России и Беларуси и др.);

– национальном (суверенное законодательство государств).

Кроме того, оставаясь за рамками регулирования, вопросы транспортной безопасности координируются и решаются на корпоративном уровне в рамках внутренней маркетинговой политики по предоставлению услуг с обеспечением повышенного уровня безопасности.

При этом комплекс мер по обеспечению безопасности транспортного процесса, нормативно-правовой, инженерной и технологической защищенности объектов транспортной инфраструктуры и подвижного состава ложится дополнительной нагрузкой на транспортную технологию, повышая эксплуатационные расходы. Таким образом, безусловное требование по обеспечению транспортной безопасности делает необходимой, кроме решения самой проблемы повышения уровня защищенности, выработку стратегии и тактики по ее последовательному оптимальному внедрению в транспортную сферу.

В результате проведенных исследований в области обеспечения транспортной безопасности установлено, что:

– в настоящее время в Республике Беларусь нет единой системы государственного регулирования в сфере транспортной безопасности; отдельные актуальные задачи обеспечения транспортной безопасности решаются главным образом на основе ведомственных нормативных правовых актов;

– проблеме обеспечения транспортной безопасности и ее нормативно-правовому обеспечению в мировой практике уделяется значительное внимание как на уровне интеграционных объединений (в том числе тех, в которых состоит Республика Беларусь), так и на уровне отдельных государств;

– термин «транспортная безопасность» широко и разносторонне трактуется в различных правовых системах, что требует проведения работы, направленной на его включение в нормативно-правовое поле Республики Беларусь в оптимальной интерпретации;

– с учетом вышеизложенного следует отметить необходимость систематизации действующего национального законодательства Республики Беларусь в сфере обеспечения транспортной безопасности и, в связи с этим, предлагается разработать Закон Республики Беларусь «О транспортной безопасности (рабочее название)». В законе должны быть закреплены правовые основы государственной системы транспортной безопасности, понятийный аппарат.

В настоящее время Министерством транспорта и коммуникаций Республики Беларусь проводится целенаправленная работа по повышению уровня обеспечения транспортной безопасности на объектах инфраструктуры и в подвижном составе за счет решения задач нормативно-правового, инженерного, технического и технологического обеспечения транспортной системы республики.

Также в докладе на конкретных примерах освещены вопросы осуществления оперативного планирования и управления перевозками, применения интеллектуальных технологий на транспорте во взаимосвязи с требованиями транспортной безопасности.

УДК 725.31:004.94

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИНТЕРВАЛЬНОГО СКАТЫВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С РАЗНОУПРУГОЙ ПОВЕРХНОСТИ ИМИТАЦИИ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ

А. К. ГОЛОВНИЧ, С. П. НОВИКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Сортировочная горка железнодорожной станции обеспечивает расформирование прибывающих составов в соответствии с назначениями отдельных групп вагонов. Благодаря соответствующему профилю путей роспуска вагоны расформировываемого поезда скатываются от горба горки до путей сортировочного парка. Роспуск осуществляется посредством надвига состава маневровым локомотивом, движущимся с некоторой установленной скоростью, обеспечивающей последовательное скатывание отцепов с определенным интервалом между смежными группами вагонов.

При постоянной массе отдельных отцепов задача выбора допустимого интервала становится тривиальной, определяемой из условия минимального времени, необходимого для перевода стрелки между двумя смежными отцепами. В этом случае достигается максимальная перерабатывающая способность горки. Однако в реальных условиях количество вагонов в отцепе и их масса при роспуске одного состава могут существенно различаться (от одного порожнего вагона до десяти-пятнадцати и более груженых и порожних в различном сочетании).

Кроме того, различия в конструкции подвижного состава, длине вагонов, высоте точки центра тяжести для порожних и груженых вагонов оказывают значительное влияние на ходовые качества, приводя к отличающейся динамике движения после отрыва отцепов от основного состава на начальных участках спускной части горки. Негативное действие этих факторов, оказывающее влияние на величины интервалов между отцепами, погашается их торможением на замедлителях механизированных горок или тормозными башмаками немеханизированных сортировочных горок. Каждый последующий отцеп, скатывающийся с горки, подвергается тормозящей внешней силе на замедлителях в той мере, в какой должно быть обеспечено регулируемое интервальное движение групп вагонов от горба горки до последней разделительной стрелки горочной горловины. Замедлители располагаются на спускной части горки по двум или трем позициям (соответственно на скоростном участке, в средней части горки и на входе в сортировочный парк) (рисунок 1).

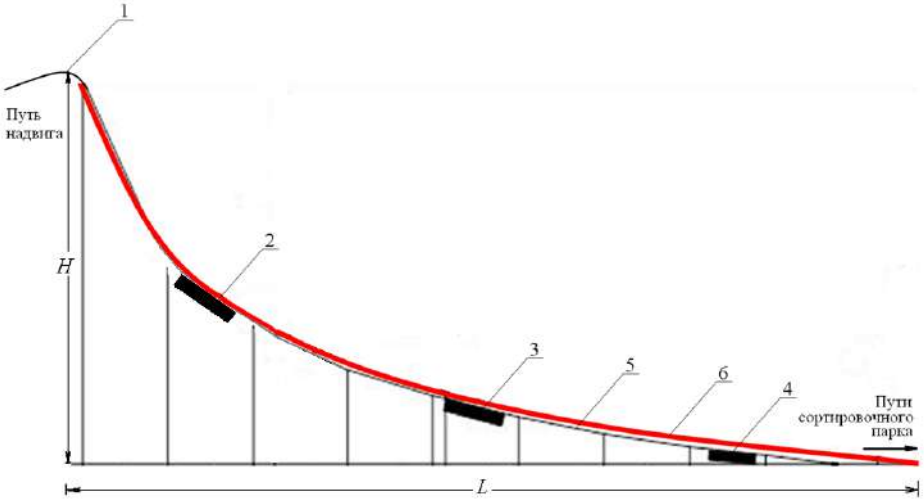


Рисунок 1 – Продольный профиль спускной части сортировочной горки:
1 – горб горки; *2–4* – тормозные позиции замедлителей; *5* – реальный профиль скатывания вагонов; *6* – теоретическая кривая скатывания

Таким образом, оказывается, что реконструкция процесса роспуска вагонов с горки некоторой адекватной математической моделью сопряжена со значительными трудностями. Реальный профиль *5* скатывания вагонов (см. рисунок 1) представляет собой сложный многокомпонентный набор сопрягаемых между собой участков переменной кривизны, уменьшающейся с приближением к сортировочному парку. Поэтому рассматривается задача разработки динамической модели

функционирования сортировочной горки при скатывании некоторого объекта по аппроксимированной кривой *6*, описываемой уравнением $H = f(L)$ (см. рисунок 1) [1].

Пусть исходной модельной позицией является скатывание металлического шара массой M_0 и радиуса R_0 с равномерной плотностью ρ_0 по металлической поверхности. Так как трение качения зависит от радиуса движущегося шара, то размеры шара всегда постоянны. При различающейся массе шара его радиус всегда равен R_0 благодаря увеличению в нем плотности ρ вещества.

Направленное движение шара обеспечивается благодаря наличию желоба, стенки которого не приводят к дополнительному трению, а лишь определяют вектор скорости, всегда перпендикулярный прямой, соединяющей точки начала и конца движения шара. На пути движения шара формируются участки с повышенным коэффициентом трения, имитирующим действие замедляющей силы, приводящей к торможению движущегося вагона. Эти участки состоят из материала, имеющего низкий модуль упругости. Их вязкость – величина переменная, которой можно управлять, обеспечивая тем самым большее или меньшее погашающее воздействие скорости скатывающегося шара. Место размещения и длины таких участков торможения определяются из условия допустимого интервала $I_ш \geq I_0$ между последовательно скатывающимися шарами на всем протяжении длины L.

Принимаем следующие исходные требования по условиям скатывания шара с поверхности $H = f(L)$. Максимальная мощность двух первых тормозных позиций такова, что металлический шар массой $M_{крит}$ = 80 т (с радиусом R_0) может быть остановлен до выхода из второй тормозной позиции. Погашающую способность третьей тормозной позиции прицельного торможения можно принять равной 20 % от второй. Она обеспечивает незначительное погашение скорости шара с выходом в конечную точку со скоростью, не более 1,4 м/с. Для управления интервалами движения скатывающихся шаров тормозящая способность участков погашения скорости движения шара должна изменяться от максимальной до нулевой.

Начальная скорость скатывания шаров с верхней точки $v_н$ = 1,9 м/с, максимально достигаемая скорость на участке скатывания L равна v_{max} = 8 м/с. Величины других исходных параметров модельной системы принимаются следующие: M_0 = 50 т, $2R_0$ = 2,3 м, H = 2,5 м, L = 320 м, I_0 = 6 с. Указанные параметры варьируются при проведении последующих модельных реконструкций до формирования адекватной картины физического и технологического соответствия с прототипным образом реальной сортировочной горки. Шар как объект модельной системы также трансформируется в определенный ряд принципиальных изменений формы с постепенным приближением к физически сложной многокомпонентной оболочке железнодорожного подвижного состава с упруго деформируемыми конструкционными элементами кузова, тележки и ударно-тяговых устройств.

Решение данной сложной задачи позволит разработать динамическую компьютерную модель сортировочной горки с широким применением не только при проектировании, но и при моделировании различных опасных состояний, возникающих при роспуске вагонов с сортировочных горок.

Список литературы

1 **Головнич, А. К.** Моделирование процесса роспуска вагонов на адекватной трехмерной компьютерной реконструкции сортировочной горки» / А. К. Головнич, С. П. Новиков, С. Ю. Чапский // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. В 5 ч. Ч. 3. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 15–16.

УДК 346.2:652.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГАРМОНИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ С ГОСУДАРСТВАМИ-ПАРТНЕРАМИ

Ю. В. ДУБИНА
Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, г. Минск

В. Г. КУЗНЕЦОВ, И. М. ЛИТВИНОВА, М. А. КИЛОЧИЦКАЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Организации железнодорожного транспорта осуществляют свою транспортную деятельность по перевозкам грузов и пассажиров в международном сообщении в согласованном взаимодействии с железнодорожными администрациями-партнерами на основе международных соглашений и дого-

воров. Одним из факторов эффективного взаимодействия является гармонизация норм и требований в нормативных правовых актах, касающихся обеспечения общих условий договора перевозки. Осуществление гармонизации с железнодорожными администрациями-партнерами на рынке совместной транспортной деятельности возможно при наличии унификации требований к субъектам транспортной деятельности и согласованности норм права по всем положениям, регулирующим взаимоотношения участников перевозочного процесса.

Совершенствование железнодорожного законодательства в области нормативно-правового регулирования основывается на системном анализе соответствия норм права на железнодорожном транспорте Республики Беларусь (РБ) с железнодорожными администрациями-партнерами на совместном рынке транспортных услуг.

Для сравнительного анализа проанализировано содержание основных законов, регулирующих транспортную деятельность на железнодорожном транспорте, Республики Беларусь [1], Российской Федерации (РФ) [2], Республики Казахстан [3], Украины [4], Латвийской Республики [5], Литовской Республики [6] и Республики Польши [7]. Кроме того, в сравнительное нормативно-правовое поле были включены модельный закон «О железнодорожном транспорте» государств – участников Содружества Независимых Государств (СНГ) [8], который прошел экспертную оценку Совета по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества, и Директивы Европейского парламента и Совета стран Европейского союза (ЕС), регламентирующие деятельность железнодорожного транспорта.

Сравнительный анализ проведен по основным положениям закона, главам и статьям, отражающий взаимное соответствие прописанных в Законе РБ [1] положений содержанию рассматриваемых законодательных документов других стран и содружеств. Анализ базируется на основе сопоставления объектов, предмета и процессов регулирования, установленных в структуре нормативного правового акта положения. Степень гармонизации законодательного поля РБ и государств-партнеров в области железнодорожного транспорта оценивается наличием или отсутствием признака сравнения. Основная сложность проведения сравнительного анализа – низкая унификация норм права по основам функционирования железнодорожного транспорта. Наиболее согласованной областью транспортной деятельности в организации международного сообщения являются соглашения о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) и о международном пассажирском сообщении (СМПС), а также связанные с ними иные соглашения.

Исходя из данных сравнительного анализа, установлены статьи в законе РБ [1], которые не имеют аналогов в законах государств-партнеров, такие как:

– статья 16 «Экономическое стимулирование в области железнодорожного транспорта общего пользования»;

– статья 17 «Услуги железнодорожного транспорта общего пользования»;

– статья 18 «Виды железнодорожных сообщений».

В то же время в законах государств-партнёров присутствуют статьи, которые отсутствуют в Законе РБ «О железнодорожном транспорте» [1]:

– лицензирование отдельных видов деятельности в области железнодорожного транспорта (РФ [2], Польша [7], Модельный закон [8], Директивы ЕС);

– сертификат безопасности (Литва [6], Латвия [5]);

– стандартизация и обеспечение единства измерений на железнодорожном транспорте (РФ, Модельный закон);

– обеспечение на железнодорожном транспорте общего пользования экологической безопасности, пожарной безопасности, а также санитарно-эпидемиологического благополучия населения (РФ, Казахстан [3], Модельный закон);

– участие в международном сотрудничестве в области железнодорожного транспорта (РФ, Украина [4], Модельный закон);

– распределение прибыли и убытки (Украина, Директивы ЕС);

– страхование на железнодорожном транспорте (РФ, Модельный закон);

– акты, претензии, иски (Украина, Казахстан);

– мобилизационная подготовка и гражданская оборона на железнодорожном транспорте общего пользования (РФ, Украина, Модельный закон);

– договоры на железнодорожном транспорте (Казахстан, Латвия, Модельный закон);

– земля, занятая под железнодорожную инфраструктуру (Казахстан, Польша);

– государственное обеспечение и реализация безопасности дорожного движения (Казахстан, Латвия, Польша, Модельный закон);

– расследование нарушений безопасности движения (Казахстан, Польша);

– административные правонарушения в области безопасности железнодорожного транспорта (Латвия, Польша);

– основные требования к организациям, индивидуальным предпринимателям, выполняющим вспомогательные работы (услуги) при перевозках железнодорожным транспортом (РФ, Модельный закон);

– основные требования к железнодорожному подвижному составу и контейнерам (РФ, Модельный закон).

Степень гармонизации законов железнодорожных администраций государств-партнёров на рынке транспортной деятельности с законом РБ «О железнодорожном транспорте», исходя из уровня соответствия содержания статей, можно оценить следующим образом:

– 75 % статей соответствия по содержанию со статьями закона РФ;

– 52,5 % статей – со статьями Закона Украины и Закона Республики Казахстан;

– 37,5 % статей – со статьями Закона Латвийской Республики;

– 35 % статей – со статьями Модельного закона;

– 25 % статей – со статьями Закона Республики Польша;

– 20 % статей – со статьями Закона Литовской Республики;

– 17,5 % статей – со статьями Директивы ЕС.

Сравнительный анализ регулирования транспортной деятельности в НПА РБ и РФ показывает, что в предметных областях регулирования на железнодорожном транспорте степень гармонизации невысокая. Следовательно, необходимо проведение экспертной оценки действий по повышению гармонизации законодательства в области железнодорожного транспорта.

Применение сравнительного анализа законодательства государств-партнеров в области железнодорожного транспорта позволяет выявить уровень системности изложения норм права, общие закономерности формирования структуры НПА, существующие пробелы в регулировании и установить доказательную базу для разработки совокупности необходимых рекомендаций по изменению законодательства, гармонизирующих нормативно-правовое регулирование участников перевозочного процесса при организации перевозок в международном сообщении.

Список литературы

1 О железнодорожном транспорте : закон Респ. Беларусь от 06 янв. 1999 № 237-З : с изм. и доп. – Минск, 1999. – 15 с.

2 О железнодорожном транспорте в Российской Федерации : Федеральный закон от 10 янв. 2003 № 17-ФЗ : с изм. и доп. – М., 2003. – 33 с.

3 О железнодорожном транспорте : закон Респ. Казахстан от 08 дек. 2001 № 266-II : с изм. и доп. – Астана, 2001. – 84 с.

4 О железнодорожном транспорте : закон Украины от 04 июл. 1996 № 274 : с изм. и доп. – Киев, 1996. – 18 с.

5 Железнодорожное право : закон Латвийской Респ. от 01 ноя. 1998 : с изм. и доп. – Рига, 1998. – 73 с.

6 О безопасности железнодорожного движения : закон Литовской Респ. от 10 ноя. 2020 № IX-1905. – Вильнюс, 2020. – 102 с.

7 О железнодорожном транспорте : закон Респ. Польши от 28 мар. 2003 : с изм. и доп. – Варшава, 2003. – 280 с.

8 Модельный закон «О железнодорожном транспорте» : утв. постановлением Межпарламентской Ассамблеи государств – участников Содружества Независимых Государств от 23 ноя. 2012 № 38-15 : с изм. и доп. – СПб., 2012. – 40 с.

UDC 629.7:64.011.34

HUMAN FACTOR IN AIR TRANSPORT SAFETY

M. K. ZAVALEY, I. F. ROTGON, Yu. E. LOKSHINA
Belarussian State Academy of Aviation, Minsk

Regarding aviation industry, flight safety is "a state in which the risks associated with aviation activities related to the operation of aircraft or directly providing such operation are reduced to an acceptable minimum" [1].

Flight safety broadly can be described as a set of measures taken in the process of designing and operating an aircraft in order to prevent crews and passengers health problems. To ensure flight safety, it is

necessary to carry out all the measures concerning the special training and accurate performance of duties by flight, engineering and dispatching personnel, ensure the reliability of aviation equipment and the aircraft preparation for flight, as well as predict and evaluate the situation and weather conditions in which the flight will be carried out correctly [2].

Thus, it becomes clear that the safety of flights directly depends on such factors as aircraft failures, the human factor and environmental factors. According to statistics, the human factor is the cause of 70–80 percent of aviation accidents, while equipment failures amount 20-30 percent, and environmental factors make up 10–15 percent.

Since human mistake is a major contributor to aviation incidents and accidents, human factors must be an important focus of any aviation safety strategy. Whether for off-line safety analysis or within real-time operations, there is always a need to improve understanding of human performance in an operational context. Human factor provides a universal basis to tie all the ingredients of risk management together into a meaningful whole [3].

The influence of the human factor was initially applied to the system ″Pilot-Cockpit″, but gradually the concept of the human factor was clarified and it expanded to the activities of the cabin crew and other aviation personnel. First of all, it is caused by the fact that the safety and reliability of aircraft maintenance depends on the person not less than on the systems, parts, devices and equipment, and technical personnel errors can often lead to the same serious consequences as pilot mistakes.

It should be noted that there is a difference between human factor effects concerning aircraft maintenance in comparison with piloting aspect.

Depending on the aviation personnel category, there exist the concepts of Crew Resource Management (CRM) for flight and cabin crew members and Maintenance Resource Management (MRM) for engineering and technical personnel. Researchers of human factor problems note that the threats affecting flight safety can be divided into active and hidden. Active threats, in fact, do not depend on the category of aviation personnel and are the same for the pilotы, dispatcherы, engineerы and technicianы. These are such threats as:

– inattention;
– omission;
– mistake;
– intentional violation.

All of the foregoing is a negative manifestation of the human factor. Active threats have a direct negative impact on flight safety. However, negative threats can be easily identified and neutralized by traditional management decisions, as a rule, of a disciplinary or financial nature [4].

Hidden threats are dangerous because they create the conditions for mistakes, omissions, inattention, intentional violations. In fact, they are the cause of active threats. Examples of hidden threats include limited deadlines, requirements to perform the work faster by the quality coast, lack of organization, incorrect management decisions. Identifying and eliminating such threats should be systematic measures. Thus, the flight safety management system implies elaboration of such measures.

The flight safety management system should essentially:

– assess the possibility of reducing flight safety risks;
– ensure that adverse effects reducing flight safety can be corrected;
– establish continuous monitoring of flight safety;
– organize the process of improving the flight safety management system itself.

Knowledge of aspects of the human factor makes it possible to compensate the threats and to provide flight safety management.

ICAO documents highlight the following measures to improve flight safety using the knowledge about the human factor [5]:

1) minimizing the probability of individual or team mistakes;
2) reducing vulnerability to errors of specific tasks or their elements;
3) detection, evaluation and subsequent elimination of factors leading to and irregularities at the workplace;
4) diagnosis of organizational factors that can cause mistakes;
5) identification and improvement of the mistakes promoting detection practice;
6) increasing tolerance to mistakes at the workplace or in the system;

7) increasing the seeing of latent states for those who operate and manage the system;

8) identification and improvement of organization inherent human mistake resistance level [5].

The compensation and control algorithm can be presented as follows:

1) analysis of the object's activity and its impact on flight safety (monitoring is carried out by special structures or services for flight safety);

2) risk prediction based on multiple scenarios;

3) comparison of Potential risk with Allowable risk (which is selected as an acceptable level of flight safety) for each scenario from the set;

4) implementation of corrective action (if Potential risk is more than Allowable risk implementation of systematic measures to reduce Potential risk should be activated);

5) impact analysis. The purpose of the analysis is to understand what needs to be changed in the flight safety management system to more effective [4].

Although aviation personnel will always make mistakes, there is clear evidence from accident statistics, line observations and research studies of the benefit of the human factors-based measures that have been instituted. Aircraft, systems and equipment, documentation, procedures and training that are designed with human factors inputs have been successful in limiting the number and effects of mistakes, thereby making the whole system more resistant to failures, errors and unexpected events [3].

References

1 Doc 9859 AN/474: ICAO Safety Management Manual. – 4th Edition. – Montereal, 2018. – 300 p.

2 **Tuktarov, R. R.** On some specific approaches to the definition of the concept of "Human Factor" / R. R. Tuktarov, A. N. Tomilin // Bulletin of the State Maritime University named after Admiral F. F. Ushakov. – 2017. – No. 1 (18). – P. 20–24.

3 Human Factors Strategy (OGHFA BN) [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.skybrary.aero/index.php/Human_Factors_Strategy_(OGHFA_BN). – Date of access: 08.09.2021.

4 **Artemov, A. D.** Human factor in the operation of aviation equipment : [monograph] / A. D. Artemov, N. D. Lysakov, E. N. Lysakova. – M., 2018. – 156 p.

5 Doc 9683-AN/950: Human Factors Training Manual. – Montereal, 1998. – 190 p.

УДК 159.9

ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАБОТНИКА В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

А. Г. ЗЕНКЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Совокупность транспортной инфраструктуры, транспортных предприятий, транспортных средств и управление ими представляют собой транспортную систему.

Основным действующим звеном (элементом) транспортной системы является человек (работник), который как раз таки и осуществляет управление совокупностью объединенных в систему остальных элементов. От деятельности человека напрямую зависит жизнеспособность системы, а точнее ее безопасность.

На железнодорожном транспорте, который является одной из составляющих транспортной системы, человеческий фактор занимает ведущее место в обеспечении безопасности.

Работник железной дороги (железнодорожник) – обобщенное название разных специалистов и представителей рабочих профессий, так или иначе имеющих отношение к железнодорожному транспорту и обеспечивающих эффективную работу железнодорожной инфраструктуры.

Первоначальным в системе сопровождения является этап профессионального психологического отбора. От этого элемента зависит вся дальнейшая деятельность работника, так как трудовая деятельность специалистов опасных профессий протекает в особых, сложных условиях и нередко связана с чрезмерными психоэмоциональными нагрузками и действием различных стрессогенных факторов. Необходимы психограммы основных категорий специалистов железнодорожного транспорта в силу того, что их работа связана с обеспечением безопасности.

Изучение и анализ конкретной профессии (предмет, задачи, средства и условия) или профессиональной ситуации, в которой протекала трудовая деятельность работника, дают возможность пра-

вильно определить причины трудностей, которые испытывает человек при исполнении профессиональной деятельности, а также выявить причины деформации личности, оценить уровень его психологической готовности к их преодолению, раскрыть его индивидные и личностные возможности. Только сопоставление объективной (нормативной) реальности профессии с мотивационно-эмоциональными, когнитивными и операторными особенностями поведения человека при исполнении деятельности позволят выявить причины его неуспешности в работе или стратегии преодоления трудностей.

Сбор данных об изучаемой трудовой деятельности, описание ее организационных принципов и материальной базы – это начало профессиографического анализа.

В целях повышения эффективности профессионального труда, а также для разработки информационных, диагностических, коррекционных и формирующих практических рекомендаций используется профессиография, которая охватывает разные стороны конкретной профессиональной деятельности: исторические, социальные, социально-экономические, психологические, психофизиологические, социально-психологические, технические, технологические, правовые и гигиенические.

Всестороннее изучение профессии и анализ психологических особенностей трудовой деятельности основываются на определенной систематизации полученных количественных и качественных данных в процессе ее изучения. Установление особенностей взаимоотношения субъекта труда с компонентами деятельности (ее содержанием, средствами, условиями, организацией) и ее функционального обеспечения – главная цель анализа трудовой деятельности. Профессиография – это комплексный метод изучения и описания содержательных и структурных характеристик профессии, а также описание различных объективных характеристик. Итогом изучения трудовой деятельности должно быть построение ее профессиограммы.

В дальнейшем необходимо проводить аттестацию работников и в рамках этих мероприятий психодиагностику. Цель данного мероприятия – оценка степени соответствия индивидуально-психологических профессионально важных качеств кандидата требованиям, предъявляемым к должности.

Деятельность железнодорожников протекает в напряженных, экстремальных условиях, отдельный блок диагностических мероприятий должен быть направлен на обеспечение надежности их работы через систему динамического наблюдения за их состоянием. В него входят мониторинговое психодиагностическое обследование и постоянное психодиагностическое обследование в период дальнейшей трудовой деятельности.

При выполнении профессиональных обязанностей возможны риск развития негативных последствий профессионального стресса, снижение адаптивных возможностей организма. С целью обеспечения сохранения физического и психологического здоровья на железнодорожном транспорте необходимо проводить диагностические мероприятия специалистов разных категорий, по результатам которых выстраивать профилактическую и коррекционную работу с железнодорожниками, трудовая деятельность которых связана с безопасностью.

Психологическая профилактика направлена на предупреждение или снижение риска возникновения негативных последствий, связанных с профессиональной деятельностью, а психологическая коррекция – на устранение сформировавшихся проблем и состояний, осложняющих эффективное выполнение профессиональных обязанностей. Важную роль в системе психологической профилактики и коррекции играет мотивационный компонент, которому уделяется особое значение на всех этапах реабилитационного процесса, так как это позволяет сформировать активную позицию сотрудников, осознанно проходящих реабилитационные процедуры.

В дальнейшем в процессе психологического сопровождения необходима психологическая подготовка железнодорожников, которая направлена на освоение знаний, формирование умений и навыков, необходимых в профессиональной деятельности, а также на формирование и развитие профессионально важных качеств. Полученные знания позволят работникам более эффективно выполнять профессиональные задачи и сохранять свое психическое здоровье. Таким образом, психологическое сопровождение деятельности работников железнодорожного транспорта – это системный процесс, включающий в себя комплекс информационных, подготовительных, диагностических, прогностических, аналитических и коррекционно-реабилитационных мероприятий. Эта система основана на принципах целостности, преемственности и охвата всех этапов профессионального становления, развития и функционирования специалиста, что максимально способствует

сохранению его здоровья и продлению профессионального долголетия. На железной дороге профессионально важные свойства и качества личности на таких массовых профессиях, как поездные и маневровые диспетчеры, члены локомотивных бригад, оцениваются по значительному числу показателей. Главные среди них – острота зрения и слуха, зрительная, слуховая и двигательная память, точность восприятия движущихся предметов, восприятие пространства, скорость, точность и координация двигательных реакций, наблюдательность, выносливость, активность, инициативность, а также организованность и способность к сотрудничеству.

УДК 656

УСТОЙЧИВАЯ ЛОГИСТИКА УМНЫХ СИМБИОТИЧЕСКИХ ГОРОДОВ

Д. В. КАПСКИЙ, С. В. БОГДАНОВИЧ
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Современный мир становится все более урбанизированным. В течение последних 100 лет мир пережил быструю урбанизацию. Начиная с 2007 года более половины населения мира живет в городах. Согласно докладу ООН, посвященному изучению перспектив урбанизации, к 2050 году около 70 % жителей нашей планеты будут проживать в городах, что создает новые вызовы к планированию городского пространства и стратегий бизнес-сообщества в плане обслуживания конечных потребителей (распределения товаров в розничных точках и обеспечение интернет-продаж), с одной стороны, и обеспечения рабочей силой предприятий, планирование развития общественного транспорта как со стороны муниципалитетов, так и совокупности коммерческих услуг (такси, аренда транспортных средств, коммерческие маршруты) – с другой. При этом, согласно данным Всемирного Банка, именно города и мегаполисы генерируют 80 % глобального ВВП и являются центрами экономического и социального взаимодействия. Однако на них также приходится и около 70 % глобальных выбросов углерода и более 60 % использования ресурсов. Продолжающийся рост городского населения повлияет на расширение городских территорий, что увеличит спрос на грузовой и пассажирский транспорт. Несмотря на то, что урбанизация создает новые возможности как для мигрантов, так и владельцев городского бизнеса, она также сопряжена с множеством проблем. В Беларуси за последние 20 лет количество автомобилей увеличилось в 4 раза и превысило 3 млн единиц. Этот рост вызвал ряд проблем, связанных с увеличением нагрузки на дорожную сеть, особенно в городах. Снизилась скорость сообщения, ухудшились режимы движения, появились перегрузки, возросло количество аварий.

Согласно итогам переписи населения 2019 года в Республике Беларусь проживают 9 413 446 человек. Население Беларуси за 20 лет сократилось почти на 631,8 тыс. человек, при этом городских жителей стало больше. Так, количество городского населения увеличилось: с 6 961 516 человек в 1999 году до 7 299 989 в 2019-м, что составляет более 77,5 % от общей численности населения. Сельских жителей, наоборот, стало меньше примерно на 970 тыс. человек: с 3 083 721 до 2 113 457. Именно поэтому качество транспортных систем выходит на первый план, принося не только положительные, но и отрицательные эффекты в городскую жизнь. Таким образом, это динамичное развитие городских территорий из-за быстрой урбанизации создает серьезные проблемы для предоставления транспортных услуг растущему населению. В связи с этим необходима трансформация городской логистики, требующая комплексного понимания транспортных, экономических, экологических и социальных аспектов для выработки устойчивых решений в сфере планирования и координации потоков товаров (грузов) и пассажиров, личного, маршрутного пассажирского и коммерческого (грузового) транспорта. Безусловно, это влечет за собой необходимость создания соответствующей инфраструктуры в черте города с учетом интересов всех заинтересованных сторон (жителей города, бизнес-сообщества, государственных структур, туристов и пр.), а также разработки четких критериев оценки эффективности (операционные затраты на логистику, вложения в инфраструктуру, экологические потери, экономические потери, социальные издержки, уровень сервиса и качества предоставляемых услуг пассажирам и др.).

Важным аспектом в городской логистике является создание гармоничной, целостной городской среды с современными технологиями управления транспортными потоками разных уровней, опти-

мизационные (рациональные) решения в сфере планирования городского пространства, распределения транспортных и пешеходных потоков (на макро- и микроуровнях). Новые возможности в городской логистике дают применение виртуальных двойников в ее управлении, технологий искусственного интеллекта, интернета вещей и электронной коммерции, умных зданий с учетом концепции «зеленых городов», инновационных технологий управления отходами, различных моделей городской мобильности и интеграции маршрутного пассажирского и личного транспорта и средств индивидуальной мобильности. Поэтому устойчивая городская логистика и устойчивый транспорт будут актуальной тематикой исследований всегда.

Проблема устойчивой городской логистики включена в «Зеленую книгу» Европейского союза. В соответствии с содержащимися в ней руководящими принципами основной идеей, которой подчинена городская логистика, является создание «умного города», который представляет собой современный город, использующий инновационные технологии во всех сферах своей деятельности, обеспечивая комплексную безопасность (включая экономическую, экологическую, правовую, социальную, физическую составляющие). Концепция «умного города» является частью устойчивой мобильности, по сути ответственной за управление природными ресурсами и передвижениями. Основная задача городской логистики, как представляется, – это повышение качества жизни городского населения и конкурентоспособности предприятий, расположенных в городах. Реализация устойчивой логистики требует вовлечения всех заинтересованных сторон, открытости к изменениям и готовность к компромиссу, применения различных инструментов государственно-частного партнерства и пр. с целью обеспечения жизнеспособности городских территорий с точки зрения их экономического и экологического состояния и развития.

Устойчивое развитие – это развитие, которое отвечает потребностям настоящего без ущерба для способности будущих поколений для удовлетворения своих собственных потребностей. Если переложить это на устойчивость транспортной системы города или региона, то ее можно трактовать как способность транспортной системы удовлетворять транспортные потребности человека в настоящем, не лишая при этом возможности удовлетворять транспортные потребности в будущем. Устойчивое развитие характеризуется экономическим ростом, социальной справедливостью и экологической и физической безопасностью (защитой) для удовлетворения потребностей сегодняшнего и будущего поколений.

Транспортная система в устойчивом развитии города является одним из наиболее важных звеньев в современном обществе, поскольку она напрямую влияет на здоровье (безопасность) и жизнедеятельность человека (должна способствовать экономическому росту и социальной справедливости без систематического увеличения концентрации веществ в атмосфере и ухудшение окружающей среды города). В мире, где уже более 75 % населения проживают в городах, создание устойчивых транспортных систем считается одной из наиболее актуальных проблем цивилизации. Устойчивая городская транспортная система должна успешно сочетать институциональные механизмы, экономические меры и бюджетные ресурсы. Необходимыми условиями успешной организации такой системы являются: наличие стратегического транспортного планирования; интегрированное управление развитием и использованием дорожной сети, организацией перевозок грузов и пассажиров и дорожным движением; эффективная работа маршрутного пассажирского транспорта в условиях роста пассажиропотоков.

Одной из форм обеспечения позитивных, устойчивых транспортно-логистических процессов может являться приоритетное развитие различных видов транспорта, более эффективных в долгосрочной перспективе и повышающих общественную ценность транспортной системы, например, приоритет коллективных и немоторизированных видов транспорта и развитие пешей активности (маршрутный пассажирский и велосипедный транспорт, средства индивидуальной мобильности) над личным транспортом, приоритет электрического и другого экологически чистого транспорта над транспортом, оснащенным двигателем внутреннего сгорания, приоритет дорогого, но более надежного подвижного состава (трамвай, троллейбус) над более дешевым, с ограниченным сроком службы (автобус, микроавтобус), что скажется на изменении спроса на поездки, модель транспортного поведения в городских условий. Поскольку городская логистика является междисциплинарным и симбиотическим предметом – сложнейшим социально-экономическим процессом, затрагивающим различные вопросы планирования и управления как системами городского грузового, так и пассажирского транспорта, – то ее можно определить как процесс оптимизации транспортно-логистической деятельности государственных предприятий и частных компаний с учетом транс-

портной среды, загрузки дорог, потребления (сокращения затрат) энергии для синергетического эффекта по снижению негативного воздействия транспорта на жителей города. Городская логистика включает в себя не только оптимальное распределение грузов и пассажиров по городу, но и стратегии, которые могут улучшить производительность и эффективность транспортной системы при одновременном снижении заторов, сокращения времени нахождения в пути (грузов и пассажиров), уменьшения вредного экологического воздействия транспорта на окружающую среду и др. По сути, она призвана решать проблемы, с которыми сталкивается мультигородской логистический центр и является стратегическим фактором развития городских (урбанизированных) территорий, используя современные инновационных технологии.

УДК 656

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДХОДОВ К АНАЛИЗУ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

Д. В. КАПСКИЙ, С. В. БОГДАНОВИЧ, Ю. В. БУРТЫЛЬ
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Транспорт как целевая отрасль в настоящих исследованиях является неотъемлемой частью экономики и жизни общества, а мобильность как его основная особенность – ключевым параметром, определяющим функционирование внутреннего рынка и качество жизни граждан, для которых транспорт обеспечивает свободу передвижения. Транспортная система включает в себя такие категории транспорта, как автомобильные перевозки, железные дороги, водный транспорт, воздушный транспорт. Транспорт стал более экологичным, но в связи с увеличением количества транспортных средств, объемов перевозимых грузов, он по-прежнему остается основным источником локального шумового и атмосферного загрязнения. Кроме того, в мире отмечается неравномерная развитость транспортной инфраструктуры, что вызывает концентрацию загрязнений и требует рационального объединения всех подсистем и видов транспорта. Каждый вид транспорта имеет определенные преимущества и рациональные условия применения, что отражается в рекомендациях по развитию.

Основная задача политики транспорта – это скоординированное улучшение основных автомобильных дорог, железных дорог, внутренних водных путей, аэропортов, морских портов, внутренних портов и системы управления дорожным движением, обеспечивающие интегрированные и интермодальные дальние, высокоскоростные маршруты. Начиная с 2007 г. ЕС развивает новую политику в сфере транспорта, основой которой является TEN-T – ТрансЕвропейская транспортная сеть, концепция которой рационально вписывается в системы стран Восточного партнерства. Крупнейший в мире опрос общественного мнения по вопросам изменения климата, который был проведен ПРООН и опубликован 27 января 2021 года, показал, что 64 % населения всего мира считает изменение климата чрезвычайной ситуацией глобального характера. Беларусь по ряду международных соглашений является активной Стороной подписания и исполнения задач по снижению изменений климата. Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, который был принят 16 сентября 1987 года, запрещал повышение производства указанных в протоколе веществ, а также их импорт. В 1991 году Беларусь подтвердила свою правопреемственность этому решению. В 1992 году Беларусь после подписания Конвенции ООН об изменении климата в целях смягчения последствий изменения климата каждое полугодие на периодической основе предоставляла подробную информацию о своей политике и мерах по ограничению своих антропогенных выбросов парниковых газов, защиты и повышения качества своих поглотителей и накопителей парниковых газов. В 1998 году в Дании была принята Конвенция Европейской экономической комиссии ООН о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды. Конвенция была утверждена Указом Президента Республики Беларусь от 14 декабря 1999 г. № 726. В соответствии с законом «О международных договорах Республики Беларусь» означает согласие Беларуси на обязательность для нее международного договора и не требует дополнительной ратификации. В 2016 году Беларусь ратифицировала Парижское соглашение по климату и взяла на себя обязательство по сокращению выбросов парни-

ковых газов. Тем самым определила свой Национальный вклад – сократить объем выбросов CO_2 на 28 % к 2030 году по сравнению с уровнем 1990 года. При этом каждые 5 лет обязательство должно пересматриваться на более высокие. Для реализации Парижского соглашения по климату предусмотрена разработка национальной стратегии долгосрочного развития Беларуси с низким уровнем выбросов парниковых газов на период до 2050 года.

Воздействие изменения климата вследствие жизнедеятельности человека стало самой важной угрозой существования цивилизации. Существенное изменение температуры, таяние ледников, эрозия почвы в течение последних десятилетий негативно влияют на жизнь людей и эти изменения оказывают воздействие на отрасли, чувствительные к климату, в том числе и на транспортную отрасль. Транспортную отрасль отличает то, что она, с одной стороны, вносит серьезный негативный вклад в изменение климата, а с другой – сама отрасль подвергается воздействию изменяющегося климата. Чувствительность к изменению климата в транспортной деятельности в первую очередь связана с очевидными глобальными экологическими аспектами: i) транспорт ответственен за выбросы поглощающих электромагнитное излучение соединений (так называемых «парниковых газов») в тропосферу, где они задерживают тепловое излучение, идущее от земной поверхности в космос. Этот процесс приводит к увеличению средней глобальной температуры и последовательно влияет на транспортную деятельность); ii) транспортная деятельность сопровождается выбросами соединений, разрушающих озоновый слой в стратосфере и, таким образом, нарушает «защитный» процесс поглощения атмосферой ультрафиолетового спектра солнечного излучения, что уничтожает растительность, увеличивает загрязнение воздуха; iii) транспорт является одним из источников загрязнения окружающей среды стойкими органическими загрязнителями, которые вызывают различные серьёзные нарушения функционирования живых организмов. Транспорт непосредственно выбрасывает около 20–30 % парниковых газов: автомобильный транспорт – 14 %, железнодорожный – 4 %, воздушный (авиация) – 2 %. Эти значения следует увеличить ещё примерно на 25 % при рассмотрении косвенных выбросов: на стадии производства топлив, транспортных средств и объектов инфраструктуры, а также на стадии ремонта и утилизации транспортных средств и объектов инфраструктуры. Парниковые газы вносят свой вклад в глобальное потепление и его последствия с различной степенью в зависимости от их способности поглощать тепло и продолжительности «жизни» в атмосфере.

Метод прогнозирования потенциального потепления. Одним из подходов анализа предлагается оценивать потенциал глобального потепления как совокупное влияние парникового газа на изменение климата за определённый период времени (обычно 100 лет) по сравнению с углекислым газом (CO_2), для которого ПГП = 1. Например, потенциал глобального потепления метана (CH_4) − 28 означает, что воздействие на глобальное потепление 1 кг метана в 28 раз сильнее, чем 1 кг CO_2. ПГП закиси азота (N_2O) составляет 265, гексафторида серы (SF_6) – 23500 и далее формирование итогового ПГП.

Метод оценки разрушения озонового слоя. В транспортном секторе используются вещества, разрушающие озоновый слой Земли. Транспорт ответственен примерно за 5–10 % глобальных выбросов озоноразрущающих веществ. Кроме того, существуют процессы, приводящие к изменению концентрации озона в стратосфере и тропосфере, связанные с выбросами оксидов азота и углеводородов, в которых транспорт также принимает участие. Наземный транспорт, выбрасывая оксиды азота и углеводороды, участвует в процессе формирования фотохимического смога, одним из компонентов которого является т. н. «приземный» озон. Выбросы авиалайнеров оказывают на атмосферный озон разнонаправленное действие: на больших высотах они его разлагают, на малых высотах – образуют. «Приземный» или тропосферный озон практически никак не влияет на поглощение ультрафиолетового спектра солнечного света, т. е. не выполняет функции защитного слоя атмосферы, однако является крайне токсичным веществом.

Метод оценки истощения ресурсов. К региональному уровню воздействия транспорта на окружающую среду влияющих на истощение ресурсов можно отнести: i) выбросы загрязняющих веществ, вносящих вклад в процессы закисления осадков и эвтрофикации водоёмов: серы диоксид SO_2 и азота диоксид NO_2; ii) экологические эффекты, связанные с добычей, переработкой и потреблением материальных и энергетических ресурсов, как возобновляющихся, так и невозобновляющихся; iii) непреднамеренный перенос живых организмов с перевозимыми людьми или грузами или в элементах конструкции транспортных средств, приводящий к интродукции этих организмов в экосистемы, не адаптированные к их появлению.

Метод наблюдения за выпадением осадков. С точки зрения воздействия изменения климата на транспортную отрасль наиболее существенным и явным является увеличение интенсивности и количества осадков, выпадающих одномоментно и повышение температуры окружающего воздуха. Осадки, в основном в виде дождя, ведут к экстремальным подтоплениям и размывам, приводящим как к кратковременным – до нескольких часов, так и долговременным – до нескольких дней и более перерывам в движении и повреждениям дорожно-транспортной инфраструктуры. Наиболее чувствительны к экстремальным подтоплениям городские территории, где в большинстве случаев водоотводные сооружения не были запроектированы на увеличившиеся объемы осадков. В Беларуси в 2019 году доля мобильных источников в общем объеме выбросов по стране составляла 63 %, в Минске – 88 %. Одной из основных причин наблюдаемого повышения температуры считается увеличение концентрации парниковых газов, т. е. водяных паров, углекислого газа (CO_2), метана (CH_4) и окиси азота (N_2O).

УДК 614.1/2: 519.22/23

ТРАНСПОРТНЫЕ НЕСЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ В УКРАИНЕ: СТАНДАРТИЗОВАННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ РИСК СМЕРТНОСТИ

С. С. КАРТАШОВА, М. А. БЕЛОВА
Киевский национальный торгово-экономический университет, Украина

По данным Государственной службы статистики Украины, в структуре всех транспортных несчастных случаев (ТНС, МКБ-Х: V01-V99), дорожно-транспортные происшествия (ДТП) составляют не меньше 99 %. За период 2006–2018 гг. в Украине наблюдалась тенденция к уменьшению абсолютного числа ДТП, а также числа погибших и пострадавших в результате аварий на дорогах страны. С 2018 года работает и поддерживается государством программа безопасности дорожного движения, цель которой снизить уровень смертности и травматизма на дорогах: за 2018 год на дорогах страны погибло 3918 человек вследствие 150120 ДТП, что по сравнению с предыдущим годом все же на 591 человека меньше. Однако, как свидетельствуют данные Национальной полиции, в 2020 г. в Украине произошло около 168 тыс. ДТП, а это на 5 % больше, чем в предыдущем 2019 г., при этом количество происшествий с пострадавшими осталось почти неизменным: было травмировано 32 тыс. человек, погибло – 3931 человек [1].

В МКБ-Х летальные травмы, как результат транспортных несчастных случаев, отнесены к внешним причинам смерти, которые обусловлены экзогенными факторами. То есть это те причины, которые вызваны не заболеваниями, а внешним воздействием. Внешние причины относятся к тому классу причин смерти, которые в современном обществе при высоком уровне социально-экономического развития, в частности здравоохранения, можно устранить. Более того, внешние причины нельзя недооценивать еще и потому, что они могут привести не только к смерти, но также к инвалидности. Смертность от внешних причин в Украине значительно выше, чем в странах ЕС [2].

Оценка человеческих потерь от внешних причин смерти, в частности от ДТП, по интенсивным показателям делает невозможным корректное сопоставление результатов как на региональном, так и на международном уровне вследствие различий половозрастных структур сравниваемых населений. С целью исключения влияния на показатель смертности в работе использованы методы стандартизации: прямой и косвенный [3], что позволило получить оценки уровня смертности, в разрезе отдельных областей Украины, инвариантные относительно возрастной структуры населения.

Метод прямой стандартизации. Стандартизированный показатель смертности **SPM** и его, согласно пуассоновскому распределению, стандартная ошибка s.e.(SPM):

$$\mathrm{SPM} = \left(\sum_{i=1}^{18} r_i v_i) \right) / \left(\sum_{i=1}^{18} v_i \right), \mathrm{s.e.(SPM)} = \sqrt{\sum_{i=1}^{18} [r_i v_i^2 10^5 / n_i]} / \sum_{i=1}^{18} v_i \ ,$$

где v_i – численность i-й возрастной группы стандартного населения; r_i – показатель смертности в i-й возрастной группе исследуемой популяции.

На уровне значимости α, (100(1 – α))% CI (доверительный интервал) для SPM при стандартной ошибке s.e.(SPM) есть (**SPM_L; SPM_U**) и находится как $SPM_L = SPM - Z_{\alpha/2} \cdot s.e.(SPM)$, $SPM_U = SPM + Z_{\alpha/2} \cdot s.e.(SPM)$, где $Z_{\alpha/2}$ – квантиль стандартного нормального распределения (для 95 % доверительного интервала с $\alpha = 0{,}05$, $Z_{\alpha/2} = 1{,}96$).

В таблице 1 приведены точечные и интервальные оценки смертности от транспортных происшествий в Украине за 2018–2020 годы.

Таблица 1 – **Смертность от внешних причин и ТНС в Украине: прямой метод стандартизации, все население, 2017–2020 гг.**

Показатель (на 10^5 соотв. нас.)	2017	2018	2019	2020
Класс XX. Внешние причины смерти (МКБ-X: V01-Y89):				
SPM	72,86	72,14	70,43	67,52
95 % CI (SPM_L; SPM_R)	(72,65; 73,08)	(71,92; 72,35)	(70,22;70,65)	(67,31; 67,73)
Транспортные несчастные случаи (МКБ-X: V01-V99):				
SPM	11,45	10,05	10,27	10,30
95 % CI (SPM_L; SPM_R)	(11,36; 11,54)	(9,97; 10,13)	(10,18;10,35)	(10,22; 10,39)

В связи с тем, что государственная статистика Украины не располагает полными верифицированными данными по Донецкой, Луганской областям, а также по АРК и г. Севастополю в данном докладе оценки уровней смертности по этим территориям не проводятся.

Как следует из полученных данных, при существенном снижении смертности от всех внешних причин, летальность травматизма в результате транспортных случаев за последние два года значимо не снизилась, более того, наблюдается тенденция к росту. В структуре смертности от внешних причин удельный вес ДТП за 2020 г., по сравнению с двумя предыдущими, значимо вырос (уровень значимости $\alpha \leq 0{,}05$).

Косвенный метод стандартизации – стандартизованный относительный риск смертности, или стандартное отношение (SIM). Этот метод позволяет представить индикатор уровня смертности как соотношение между фактическим и ожидаемым количествами случаев смерти, которое для исследуемого населения оценивается по уровню смертности контингента, выбранного в качестве стандарта.

Обозначим через H – фактическое число случаев смерти по всем возрастным группам, e_i – ожидаемое число случаев смерти в i-й возрастной группе, численность которой n_i, r_i – показатель смертности i-й возрастной группе стандарта, тогда относительный риск (SIM) и его (100(1 – α))% CI:

$$\mathrm{SIM} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{18} e_i} = \frac{\sum_{i=1}^{18} h_i}{\sum_{i=1}^{18} r_i n_i \cdot 10^{-5}},\ \mathrm{SIM}_L = \frac{\left[\left(\sum_{i=1}^{18} h_i\right)^{1/2} - (Z_{\alpha/2} \cdot 0{,}5)\right]^{2\cdot 10^5}}{\sum_{i=1}^{18} r_i n_i},\ \mathrm{SIM}_U = \frac{\left[\left(\sum_{i=1}^{18} h_i\right) + (Z_{\alpha/2} \cdot 0{,}5)\right]^{2\cdot 10^5}}{\sum_{i=1}^{18} r_i n_i}.$$

Если (100(1–α))% доверительный интервал (SIM_L; SIM_U) содержит 1,0, то фактическое и ожидаемое число смертей от изучаемой причины среди исследуемого населения статистически не отличаются на выбранном уровне значимости α.

Для выявления территориальных особенностей (проблем) с целью проведения эффективных профилактических мероприятий по уменьшению смертности вследствие транспортных несчастных случаев было проведено ранжирование всех включенных в исследование областей Украины по значению стандартизованного относительного риска [3]. В качестве эталона (стандарта) рассматривался уровень смертности на всех территориях страны, вовлеченных в исследование, кроме изучаемой области во избежание двойного учета. Вследствие того, что относительный риск не является аддитивным, рекомендуется проводить стратификацию по полу при исследованиях всего населения. В таблице 2 результаты оценки стандартизованного риска смерти вследствие транспортных происшествий по отдельным областям Украины за 2020 год. По величине интервальной оценки SIM ($\alpha = 0{,}05$) все изучаемые области поделены на три группы: риск больше 1 (значимое превышение фактического числа смертей над ожидаемым), риск статистически не отличается от 1, риск меньше 1 (фактическое число смертей значимо меньше, чем ожидалось).

Таблица 2 – **Результаты стратифицированного ранжирования областей Украины по величине стандартизованного относительного риска, ТНС (МКБ-Х: V01-V99), 2020 г.**

Риск: SIM	Область Украины, мужчины	Область Украины, женщины
SIM >1, α≤0,05	Волынская, Житомирская, Киевская, Одесская, Ровенская, Черниговская	Киевская
SIM<1, α≤0,05	Ивано-Франковская, Николаевская, Сумская, Тернопольская, Харьковская, Черновицкая, г. Киев	Тернопольская, Харьковская, г. Киев
Примечание – На других территориях Украины значение риска статистически не отличается от 1 для α < 0,05.		

В исследовании доказано, что наибольшее значение риска летального исхода транспортного несчастного случая выявлено в Киевской области, который стратифицировано по полу составил: 1,49, 95 % CI (1,29; 1,70) – мужчины и 1,74, 95 % CI (1,34; 2,15) – женщины. Наименьший риск – г. Киев, где он равен: 0,35, 95 % CI (0,28; 0,43) и 0,58 95 % CI (0,40; 0,76) среди мужчин и женщин соответственно.

Список литературы

1 Інформаційний банк даних «Статистика населення України» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://database.ukrcensus.gov.ua. – Дата доступа : 28.09.2021.

2 Смертность от внешних причин // Здоровье-2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://dateway.euro.who.int/ru/themes/health-2020/. – Дата доступа : 30.09.2021.

3 **Карташова, С. С.** Совершенствование методов оценки общественного здоровья: применение показателей стандартизованного и кумулятивного риска смерти / С. С. Карташова, О. И. Тимченко // Гигиена и санитария. – 2006. – № 5. – С. 83–86. – DOI: https://doi.org/10.1134/S0021364006070058.

УДК 656.212.5

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРЕРАБОТКИ ВАГОНОПОТОКОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

А. А. КЛИМОВ

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Российская Федерация

Статистические данные по обеспечению безопасности маневровой работы на общей сети железных дорог в Российской Федерации показывают, что наибольшее число случаев нарушения безопасности движения в хозяйстве перевозок связано с производством сортировочной работы. Возникающие случаи соударения вагонов при роспуске в основном являются следствием нарушения скоростного режима на отдельных участках маршрута скатывания отцепов, а для автоматизированных сортировочных горок – следствием отклонения от расчетных фазовых траекторий скатывания отцепов, которые не могут быть откорректированы за счет использования адаптированных элементов системы горочной автоматики. Причины нарушения скоростного режима скатывания отцепов с горки можно сгруппировать по следующим направлениям:

– конструктивные параметры продольного профиля элементов сортировочного комплекса;

– технические средства регулирования скорости скатывания отцепов, включающие различные средства горочной механизации и системы горочной автоматики;

– современная структура перерабатываемого вагонопотока, учитывающая обновление вагонного парка и значительное усовершенствование конструкции вагонов, появление вагонов нового типа, инновационных вагонов с повышенной осевой нагрузкой 25 и 27 т/ось;

– человеческий фактор, особенно на неавтоматизированных сортировочных горках, влияние которого также имеет свои особенности для различных категорий работников;

– метеорологические условия местности расположения сортировочной горки.

Указанные причины возможного нарушения скоростного режима скатывания отцепов с горки и поиск вариантов решений по минимизации возможных последствий требуют более глубоких исследований по каждому направлению. В данной работе предметом исследования являются конструктивные параметры продольного профиля элементов сортировочного комплекса.

1 Надвижная и перевальная части горки. Выполненные исследования прохождения сцепленных вагонов через горб горки методом имитационного моделирования показали, что в качестве ос-

новных причин, влияющих на безопасность сортировочного процесса, являются: несоответствие конструкции перевальной части горки нормативным требованиям, а также наличие случаев неподхода осей автосцепок вагонов более чем на 100 м. Установлено, что в качестве критериев для оценки влияния конструктивных параметров перевальной части горки на безопасность сортировочного процесса целесообразно использовать:

$P_1^{\text{ПЧ}}$ – вероятность возникновения случаев саморасцепа вагонов;

$P_2^{\text{ПЧ}}$ – вероятность возникновения сверхнормативных нагрузок на автосцепные устройства вагонов, приводящих к увеличению износа отдельных элементов вагона;

$P_3^{\text{ПЧ}}$ – вероятность возникновения случаев нерасцепа вагонов.

2 Спускная часть горки. С точки зрения обеспечения безопасности сортировочного процесса условия пропуска отцепопотока по спускной части горки являются наиболее сложными, так как именно на этом элементе реализуются максимальные скорости скатывания отцепов. Причины возникающих нарушений безопасности роспуска в основном связаны с ошибками оперативного персонала или отказами технических средств. Влияние конструктивных параметров спускной части горки на безопасность процесса роспуска оценивается на стадии расчета потребных параметров продольного профиля и определяется путем решения трех задач:

– обеспечение потребной дальности пробега отцепов в сортировочный парк;

– проверка мощности тормозных средств спускной части горки;

– обеспечение интервального регулирования скатывания отцепов.

Указанные задачи и методы их решения были разработаны для условий обращения парка вагонов с осевой нагрузкой 23,5 т/ось. Для тех условий максимальная масса одиночного вагона составляла 94 т и использование расчетного бегуна *ОХ-100* (массой 100 т) предусматривала наличие определенного резерва мощности тормозных средств. Современные вагоны имеют лучшие конструктивные особенности и ходовые свойства, которые выражаются меньшим значением основного удельного сопротивления движению вагона при скатывании с горки (w_O). Таким образом, на отдельных горках мощности тормозных средств может оказаться недостаточно, что приведет к увеличению вероятности возникновения нарушений безопасности сортировочного процесса на спускной части горки. Выполненное имитационное моделирование скатывания с сортировочной горки отцепов, состоящих в том числе из инновационных вагонов с осевыми нагрузками 25 и 27 т/ось, показало, что оценку влияния конструктивных параметров спускной части горки на безопасность сортировочного процесса целесообразно выполнять по следующим критериям:

$P_1^{\text{СЧ}}$ – вероятность возможной остановки отцепа до парковой тормозной позиции;

$P_2^{\text{СЧ}}$ – вероятность недостаточной мощности тормозных средств;

$P_3^{\text{СЧ}}$ – вероятность несоблюдения на разделительных элементах необходимых пространственно-временных интервалов между отцепами.

3 Сортировочный парк. На большинстве эксплуатируемых сортировочных горок сети железных дорог Российской Федерации реализуется принцип интервально-прицельного регулирования скорости скатывания отцепов. С точки зрения обеспечения безопасности процесса заполнения сортировочных путей скорость выхода каждого отцепа с парковой тормозной позиции должна определяться по условию его докатывания до ближайших вагонов в парке и сцепления со скоростью не более 5 км/ч, что и реализуется в современных условиях за счет использования систем горочной автоматизации. Однако отсутствие дополнительных технических средств регулирования скорости скатывания отцепов в сортировочном парке приводит к нарушению указанного принципа и возникновению случаев соударения вагонов с повышенными скоростями, в том числе к повреждению вагонов и находящихся в них грузов. Причина – наличие ряда случайных факторов, приводящих к отклонению фактической траектории скатывания отцепов от расчетной, например:

– случайный характер ходовых свойств каждого вагона и, как следствие, весьма значительный диапазон значений основного удельного сопротивления движению отцепа;

– случайный характер условий внешний среды, приводящий в отдельные периоды к дополнительному разгону отцепов (например, за счет возникновения порывов ветра);

– наличие участков сортировочного пути с противоуклонами, на которых может произойти остановка отцепа и движение в обратном направлении, навстречу очередному отцепу;

– появление в структуре перерабатываемого вагонопотока новых типов вагонов, в том числе инновационных, имеющих значения основного сопротивления, менее расчетного диапазона.

Выполненные исследования по определению плотности распределения суммарного сопротивления движению вагона ($w_{\text{сум}}$) в сортировочном парке показали, что оценку влияния конструктивных параметров на безопасность процесса целесообразно выполнять по критериям:

$P_1^{\text{СП}}$ – вероятность превышения допустимой скорости сцепления вагонов за счет создания условий разгона отцепа после выхода с парковой тормозной позиции;

$P_2^{\text{СП}}$ – вероятность превышения допустимой скорости сцепления вагонов за счет обратного движения отцепов при наличии участков пути с противоуклонами;

$P_3^{\text{СП}}$ – вероятность выхода накапливаемой группы вагонов за пределы полезной длины путей.

В целом влияние конструктивных параметров сортировочного комплекса на безопасность переработки вагонопотоков в современных условиях может оценено с использованием критерия

$$K_{\text{Без}}^{\text{СК}} = f\left(P_1^{\text{ПЧ}}, P_2^{\text{ПЧ}}, P_3^{\text{ПЧ}}, P_1^{\text{СЧ}}, P_2^{\text{СЧ}}, P_3^{\text{СЧ}}, P_1^{\text{СП}}, P_2^{\text{СП}}, P_3^{\text{СП}}\right) \to \min. \quad (1)$$

Список литературы

1 Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм: утв. МПС РФ 10.10.03. – М. : Техинформ, 2003. – 168 с.

2 **Климов, А. А.** Моделирование процесса скатывания отцепов из нескольких вагонов с сортировочной горки при роспуске / А. А. Климов, А. А. Гунбин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011. – № 2 (38). – С. 88–91.

3 **Осипов, Д. В.** Моделирование проходимости вагонов без саморасцепа по перевальной части сортировочной горки / А. А. Климов, Д. В. Осипов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2015. – № 3 (47). – С. 154–160.

УДК 656.212.5:656.2.08

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРШРУТИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ И ОЦЕНКИ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ ВАГОНОПОТОКА

В. Г. КОЗЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Техническая маршрутизация железнодорожных перевозок (далее – ТМЖП) является самостоятельным бизнес-процессом в системе организации вагонопотоков [1]. Цели реализации данного процесса – определить оптимальную технологию работы железнодорожных направлений, которая обеспечит минимизацию эксплуатационных затрат, связанных с пропуском груженых вагонопотоков, ранее не выделенных в отправительскую маршрутизацию. Для этого необходимо разработать оптимальный план формирования грузовых поездов (далее – ПФП), который обеспечит рациональную технологию работы всех станций железной дороги по организации, пропуску и переработке заданного вагонопотока.

На различных этапах развития железнодорожного транспорта в разработке ПФП применялись различные подходы и методы расчета, о чем свидетельствуют научные исследования и многочисленные труды ученых. Первоначально разработка ПФП осуществлялась исключительно при помощи аналитических методов расчета с использованием в качестве исходных данных информацию о выполненных вагонопотоках за предыдущий период времени. План перевозок грузов разрабатывался, как правило, в укрупненной форме и позволял определять только размеры корреспонденции вагонопотоков между районами погрузки и выгрузки. Однако для расчета плана формирования, чтобы определить объем и структуру расчетных вагонопотоков на железнодорожном направлении транспортной сети, необходимо также учитывать и маршруты следования корреспонденций. В разрабатываемых планах перевозки грузов данные о маршруте следования корреспонденций отсутствовали, поэтому для определения параметров транспортной нагрузки и расчетных вагонопотоков использовался приближенный метод, основанный на коэффициентах распределения плана перевозок – «эталонов». Из-за трудоемкости расчетов указанных коэффициентов, которые определялись на основании обработки значительного массива информации о выполненных вагонопотоках, расчет производился с

периодичностью до 5 лет. Такой подход был обусловлен тем, что на железнодорожных направлениях с количеством станций более пяти требуется производить значительный объем расчетов, а существующие информационные системы на транспорте не обеспечивали полноту исходных данных и необходимые вычислительные ресурсы для расчета.

Комплексный анализ состояния проблемы показал, что для повышения эффективности перевозок грузов железнодорожным транспортном необходимо совершенствовать систему расчета ПФП. Для этого требуется повышать достоверность и актуальность исходных параметров расчета, а также совершенствовать условие оценки исходных корреспонденций вагонопотоков при выделении их в оптимальный ПФП.

В рамках проведенного научного исследования проблемы организации вагонопотоков и системы расчета ПФП на железнодорожном транспорте была разработана Методика расчета параметров и относительной (адаптивной) оценки корреспонденций вагонопотоков [2], которая учитывает полученные затраты на организацию вагонопотоков в поезда различной категории и их технологические параметры.

Методика расчета параметров и относительной оценки целесообразности выделения корреспонденций вагонопотоков в отдельное сквозное назначение ПФП основана на следующих положениях:

– корреспонденции вагонопотока могут быть выделены в отдельное сквозное назначение ПФП только при выполнении общего (необходимого и достаточного) условия:

$$t_{pq}^{\text{пр}} = \max\left(\sum_{i=p+1}^{q-1} t_i^{\text{эк}} - \frac{c_p m_p}{n_{pq}} \right), \qquad (1)$$

где $t_i^{\text{эк}}$ – экономия приведенных затрат от проследования корреспонденций вагонопотока без переработки по i-й технической станции, вагоно-часы; $c_p m_p$ – затраты на накопление вагонов на станции p назначением на станцию q, вагоно-часы; n_{pq} – общий размер корреспонденций вагонопотока между станциями p и q, вагон;

– корреспонденции вагонопотока, для которых не выполняется условие (1), не должны выделяться в отдельное сквозное назначение ПФП.

Аналитические методы расчета ПФП и на их основании методики, при всех различиях математической формализации и интерпретации задачи расчета, должны основываться на указанных выше положениях оценки целесообразности выделения корреспонденций вагонопотоков в отдельное сквозное назначение. Все итерации расчета ПФП должны включать процедуру относительной оценки конкурентных вариантов назначения корреспонденций вагонопотоков.

Критерий оценки корреспонденций вагонопотоков определяется выбранной методикой расчета ПФП. В качестве критерия могут быть использованы как приведенные вагоно-часы, так и затраты, выраженные в денежных единицах.

Процедура адаптивной оценки целесообразности выделения корреспонденций вагонопотоков в отдельное сквозное назначение ПФП состоит из следующих основных этапов:

– формирование конкурентных вариантов назначений корреспонденций вагонопотоков согласно методике расчета ПФП;

– определение суммарной экономии затрат от проследования корреспонденций вагонопотока без переработки по каждому варианту назначения;

– определение соответствующих затрат на накопление вагонов на станциях формирования;

– оценка и выделение в оптимальный ПФП назначение корреспонденции вагонопотоков, удовлетворяющее условию 1.

Необходимо отметить, что в отличие от традиционных условий оценки (ОДУ, ДУ, НУ), которые при оценке назначений корреспонденций вагонопотоков отражали количественную величину затрат (эффект), предложенное условие адаптивной оценки (1) характеризует качественную составляющую – затраты, приходящиеся на единицу размера корреспонденции вагонопотока (эффективность).

Эффективность предложенной методики оценки подтверждена в результате ряда проведенных экспериментов. Для этого методом ситуационного моделирования различных состояний расчетного полигона и характеристик транспортного потока формировались исходные данные для разработки ПФП. Далее на основании полученных данных производился расчет с использованием различных

условий оценки выделения корреспонденций вагонопотоков в самостоятельное назначение, а также сравнительный анализ полученных результатов [3]. Результаты сравнения показали, что на расчетном направлении из 15 станций оптимальный вариант ПФП был получен в 2 % случаях с применением традиционного условия оценки корреспонденций и 60 % случаях с применением общего адаптивного условия. Отклонение затрат на организацию вагонопотоков в поезда, полученных в результате расчета, от оптимального варианта составило 13 и 2,5 % соответственно традиционным и предлинным методом расчета ПФП. Таким образом, можно сделать вывод, что предложенный метод совмещенных аналитических сопоставлений с новых условием выделения назначений позволяет получать результаты более близкие к оптимальному ПФП. При этом предложенный метод является более производительным и при равных условиях его можно использовать в расчетах с большим количеством железнодорожных станций на направлении.

Список литературы

1 **Кузнецов, В. Г.** Информационное обеспечение задач плана формирования железной дороги / В. Г. Кузнецов, В. Г. Козлов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2018. – № 1 (36). – С. 61–63.

2 **Козлов, В. Г.** Использование общего условия оценки выделения назначений при расчетах плана формирования методом совмещенных аналитических сопоставлений / В. Г. Козлов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2014. – № 1 (28). – С. 58–60.

3 **Козлов, В. Г.** Оценка использования аналитических методов при расчете плана формирования одногруппных грузовых поездов / В. Г. Козлов, В. Г. Кузнецов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2013. – № 1 (26). – С. 49–51.

УДК 346.2:656.2

ГАРМОНИЗАЦИЯ ПОНЯТИЙ В ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ В ОБЛАСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В. Г. КУЗНЕЦОВ, А. А. ЕРОФЕЕВ, И. М. ЛИТВИНОВА, М. А. КИЛОЧИЦКАЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Понятийная база является важной частью законодательства и позволяет идентифицировать объектную и предметную сущность, а также процессы, протекающие на железнодорожном транспорте. Гармонизацию понятийной базы в сфере железнодорожного транспорта следует рассматривать в трех взаимосвязанных аспектах транспортной деятельности: международная, национальная (государственная) и отраслевая.

В международной деятельности понятия формируются в соглашениях, участниками которых является Республика Беларусь (РБ) в лице уполномоченных ведомств и организаций. Министерство транспорта и коммуникаций и ГО «Белорусская железная дорога» являются членами множества международных организаций, в том числе Совета по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества (ЦСЖТ), Организации сотрудничества железных дорог (ОСЖД), Международного союза железных дорог (МСЖД), Международного координационного совета по трансъевразийским перевозкам (КСТП) и ряда других, в которых регулируются совместная деятельность государств-участников.

Понятийная база в транспортной деятельности на железнодорожном транспорте РБ определяется нормативными правовыми актами (НПА), устанавливающими правовые, организационные и экономические отношения в области железнодорожного транспорта, основы функционирования организаций, оказания услуг, обеспечения безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта и иные аспекты.

Отраслевая понятийная база формируется в НПА, устанавливающих нормы и требования по проектированию и эксплуатации объектов инфраструктуры, подвижного состава, процессы организации перевозки грузов и пассажиров, права и обязанности участников перевозочного процесса, правила оказания услуг перевозки и другие положения управления перевозочным процессом.

Развитие понятийной базы законодательства в области железнодорожного транспорта определяется исходя из следующих условий:

– адаптация терминов и понятий под динамично развивающиеся условия перевозок грузов и пассажиров;

– согласование с международными нормами, принятыми РБ;

– унификация норм и требований к субъектам транспортной деятельности;

– устойчивость и однозначность предметной сущности понятий, регулирующих взаимоотношения участников перевозочного процесса.

Базисом понятий в области железнодорожного транспорта является термины и определения, установленные в законе РБ «О железнодорожном транспорте» [1] (далее – Закон). Структура Закона систематизирована в функциональных блоках, регулирующих деятельность железнодорожного транспорта общего и необщего пользования:

Блок 1 – Общие положения.

Блок 2 – Государственное регулирование.

Блок 3 – Участники транспортной деятельности.

Блок 4 – Управление на железнодорожном транспорте общего и необщего пользования (организация перевозок грузов и пассажиров).

Блок 5 – Безопасность транспортной деятельности.

Блок 6 – Регулирование трудовых отношений.

Блок 7 – Иные сферы транспортной деятельности (международная деятельность, учетная деятельность, делопроизводство, страхование).

Предметную сущность каждого блока и область регулирования устанавливают термины, применяемые в статьях Закона [1], относящихся к указанным блокам.

Блок 1 регулирует сферу действия Закона, понятийный аппарат и виды транспорта. В данном блоке используются понятия: железнодорожный транспорт общего пользования, железнодорожный транспорт необщего пользования, технологический железнодорожный транспорт.

Блок 2 устанавливает государственное регулирование в области железнодорожного транспорта, распределение полномочий государственных органов в области регулирования, экономическое регулирование. В данном блоке используются понятия: железнодорожный транспорт, организация железнодорожного транспорта общего пользования, инфраструктура, объекты инфраструктуры, остановочный пункт, железнодорожные пути необщего пользования, транспортные средства железнодорожного транспорта, заинтересованные лица, потребитель, зона повышенной опасности, доступ к услугам железнодорожного транспорта общего пользования, услуги железнодорожного транспорта общего пользования, доходы, тариф, тарифы на услуги (перевозки) железнодорожным транспортом общего пользования, плата, льготы на проезд железнодорожным транспортом общего пользования.

Блок 3 устанавливает участников транспортной деятельности, их права и обязанности, условия оказания услуг, а также требования к объектам и подвижному составу, эксплуатирующемуся на железнодорожном транспорте общего и необщего пользования, лицензирование и сертификация. В данном блоке используются понятия: грузы, потребитель, пассажир, багаж, грузобагаж, услуги инфраструктуры, услуги железнодорожного транспорта общего пользования, железнодорожный транспорт общего пользования, организация железнодорожного транспорта общего пользования, владелец инфраструктуры, перевозчик, национальный (общесетевой) перевозчик, транспортные средства железнодорожного транспорта, участок инфраструктуры, оператор инфраструктуры, доступ к услугам инфраструктуры, пропускная способность инфраструктуры.

Блок 4 устанавливает управление перевозочным процессом, виды сообщений и организацию перевозок грузов и багажа. В данном блоке используются понятия: перевозочный процесс, пассажир, багаж, груз, грузобагаж, городское сообщение, региональное сообщение, межрегиональное сообщение, международное сообщение, коммерческое сообщение, внутриреспубликанское сообщение, перевозчик, железнодорожный транспорт общего пользования.

Блок 5 устанавливает требования безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, охраны труда и организацию транспортной деятельности в чрезвычайных ситуациях. В данном блоке используются понятия: безопасность движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, зона повышенной опасности, организации железнодорожного транспорта общего пользования, транспортные средства железнодорожного транспорта, инфраструктура, владельцы железнодорожных путей необщего пользования, транспортное происшествие, железнодорожная станция, чрезвычайная ситуация, владельцы инфраструктуры, пассажир, багаж, груз, грузобагаж.

Блок 6 регулирует трудовые отношения в организациях железнодорожного транспорта общего пользования. В блоке используются понятия: работники организаций железнодорожного транспорта, организация железнодорожного транспорта общего пользования, перевозочный процесс, транспортные средства железнодорожного транспорта, медицинский осмотр, стажировка, аттестация.

Блок 7 регулирует иные сферы транспортной деятельности. В блоке используются понятия: охранная зона, железнодорожный путь, железнодорожная станция, транспортные средства железнодорожного транспорта, объекты инфраструктуры.

Анализ терминологии, применяемой в статьях Закона [1], показывает, что необходима системная гармонизация понятий на железнодорожном транспорте с железнодорожными администрациями-партнерами и их имплементация в национальные и отраслевые НПА.

Развитие понятийной базы следует осуществлять исходя из функциональной связи понятий между НПА в области железнодорожного транспорта, с учетом предмета регулирования в нормативном правовом предписании:

1) виды железнодорожного транспорта;
2) государственное тарифное регулирование;
3) участники перевозочного процесса;
4) рынок услуг железнодорожного транспорта;
5) организация перевозочного процесса на железнодорожном транспорте;
6) организация пассажирских перевозок;
7) инфраструктура;
8) железнодорожный подвижной состав;
9) безопасность эксплуатации и движения железнодорожного транспорта;
10) трудовые отношения на железнодорожном транспорте.

По предмету регулирования важно установить объектную связь понятий, которые отражены в Уставе железнодорожного транспорта общего пользования [2] (далее – Устав), Правилах перевозок грузов железнодорожным транспортом общего пользования [3] и Правилах перевозок пассажиров, багажа и грузобагажа железнодорожным транспортом общего пользования [4] (далее – Правилах). Наибольшая объектная связь понятий Закона [1] с Уставом [2] наблюдается по следующим предметам регулирования: организация пассажирских перевозок, инфраструктура, железнодорожный подвижной состав. Отсутствуют объектные связи по видам железнодорожного транспорта, рынку услуг железнодорожного транспорта, безопасности эксплуатации и движения железнодорожного транспорта, а также трудовым отношениям. Объектная связь Закона [1] с Правилами [3, 4] наиболее полно отражена по организации перевозочного процесса, инфраструктуре, железнодорожному подвижному составу. Отсутствуют объектные связи по видам железнодорожного транспорта, государственному тарифному регулированию, участникам перевозочного процесса, а также рынку услуг железнодорожного транспорта.

В области регулирования экономических отношений по таким понятиям, как тариф, тариф на услуги железнодорожного транспорта общего пользования, тарифы на перевозки железнодорожным транспортом общего пользования, плата, льготы на проезд железнодорожным транспортом общего пользования, необходимо обеспечение их соответствия относительно услуг железнодорожного транспорта. В сфере трудовых отношений по таким понятиям, как аттестация, профессиональная пригодность, медицинский осмотр, свидетельство на право управления транспортными средствами железнодорожного транспорта, требуется их согласование с нормами права, установленными в Законе [1] и иных НПА. В Уставе [2] в сфере государственного тарифного регулирования требуется гармонизация понятий по объектам, предмету и видам услуг.

Развитие законодательства в области железнодорожного транспорта связано с обновлением терминологии и формированием понятийной базы, позволяющей:

– гармонизировать законодательство в соответствии с требованиями международных соглашений, национальных НПА и международной терминологией [5];

– привести терминологию в соответствие с предметной сущностью правовых, организационных и экономических отношений между участниками перевозочного процесса;

– обеспечить качество определений терминологии за счет точности, однозначности в пределах норм права;

– систематизировать понятийную базу по объектам и предметам регулирования, процессам оказания услуг железнодорожного транспорта и иным признакам функционирования железнодорожного транспорта.

Список литературы

1 О железнодорожном транспорте : закон Респ. Беларусь от 06 янв. 1999 № 237-З : с изм. и доп. – Минск, 1999. – 15 с.

2 Устав железнодорожного транспорта общего пользования : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 02 авг. 1999 № 1196 : с изм. и доп. – Минск, 1999. – 55 с.

3 Правила перевозок грузов железнодорожным транспортом общего пользования : утв. постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь от 26 янв. 2009 № 12 : с изм. и доп. – Минск, 2009. – 125 с.

4 Правила перевозок пассажиров, багажа и грузобагажа железнодорожным транспортом общего пользования : утв. постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь от 17 июл. 2015 № 609 : с изм. и доп. – Минск, 2015. – 34 с.

5 ГОСТ 34530–2019. Транспорт железнодорожный. Основные понятия. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2019. – 55 с.

УДК 656.22.08

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПОЕЗДНОЙ РАБОТЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

В. Г. КУЗНЕЦОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

О. В. МЛЯВАЯ
Конструкторско-технический центр Белорусской железной дороги, г. Минск

Современные подходы к развитию систем управления безопасностью движения (СУБД) на железнодорожном транспорте базируются на понимании, что нулевой уровень опасности (полное отсутствие каких-либо нарушений в движении поездов) обеспечить нельзя, однако можно установить приемлемый риск. Для этого необходимо установить связь между приемлемым уровнем обеспечения безопасности и эффективностью управления поездной работой на участке инфраструктуры.

В такой постановке задачи процесс «управление» целесообразно рассматривать как целенаправленное воздействие на организацию движения поездов для изменения пропуска поездов на участке с целью достижения желательного результата или избегания нежелательного. При этом сам процесс управления безопасностью движения необходимо рассматривать как совокупность подпроцессов: планирования, организации, координации и контроля, направленного на достижение целей в поездной работе на железной дороге.

Предметная область исследования СУБД связана с контролем, как функцией управления, имеющей свою специфику в системе, где в качестве управляемого процесса выступает поездная работа.

Процесс контроля в СУБД рассматривается как функции управления [1], включающая совокупность операций: процедуры учета, оценки, анализа, регулирования и др. К основным задачам контроля состояния поездной работы как функции управления относятся: сбор и систематизация информации о фактическом состоянии поездной работы и ее результатах (учет); оценка состояния и значимости полученных результатов поездной работы на участках инфраструктуры, выявление отклонений от нормативов графика движения поездов (ГДП), плановых заданий (оценка); анализ причин отклонений и дестабилизирующих факторов, влияющих на результаты поездной работы (анализ); прогнозирование (моделирование) последствий сложившейся ситуации и обоснование необходимости принятия корректирующих воздействий.

Последняя задача контроля имеет высокую значимость для процедур обеспечения безопасности движения поездов на участке инфраструктуры и осуществляется путем реализации мер для быстрейшего приближения к нулевому уровню опасности (отсутствию нарушений).

Контроль является завершающим этапом управленческого цикла управления поездной работы и связывает результаты анализа отклонений в движении поездов от норм, установленных в ГДП и плане поездной работы. С учетом того, что управленческий процесс представляет собой повторяющийся цикл действий, анализ фактического состояния поездной работы на основе данных контроля позволяет сформировать исходные данные для выбора регулировочного воздействия, которые в свою очередь являются составной частью первой стадии следующего управленческого цикла [2]. Таким образом, стадия контроля поездной работы является не только его составной частью цикла, но и исходной точкой реше-

ния новой задачи на этапе планирования и на других последующих этапах управления, т. е. оказывает непосредственное влияние на все стадии и функции управления поездной работой на участке инфраструктуры.

Поездной диспетчер (ДНЦ), являющийся единоличным руководителем движения поездов на участке, обязан осуществлять контроль над работой станций, следить за приемом, отправлением и пропуском поездов и принимать меры по обеспечению безопасности их движения.

Качество систем диспетчерского контроля зависит от организации передачи данных поездному диспетчеру о поездной ситуации на участке. Для этого на центральный пост с перегонов и промежуточных станций поступают необходимая совокупность сообщений, содержащие данные об установленном направлении движения на каждом перегоне, состоянии блок-участков, перегонов и приемо-отправочных путей, промежуточных станций и размещенных на них входных и выходных светофоров, информации о поездах, их категориях, назначении следования поездов в соответствии с планом формирования и иных технико-эксплуатационных характеристик участка и поездной работы. На основании этих сведений ДНЦ делает выводы о положении поездов на участке, состоянии поездной работы и координирует выполнение дежурными по станциям их обязанностей [3].

Использование автоматизированных средств мониторинга технического состояния устройств автоматики и связи на участке делает возможным [4]: ускорить обнаружение и устранение отказов технических средств благодаря организации непрерывного измерения значений параметров и контроля функционирования устройств; увеличить объем и уровень достоверности диагностических сведений; предупредить часть отказов за счет своевременной регистрации предотказных состояний; уменьшить временные затраты на техническое обслуживание устройств автоматики.

К информационным системам, обеспечивающим принятие управленческих решений по организации перевозочного процесса на Белорусской железной дороге, относятся: автоматизированная система сменно-суточного планирования погрузки и выгрузки (АС ССП), автоматизированная система увязки составообразования на технических станциях с прогнозным графиком движения на железнодорожных участках (УСОГДП), автоматизированная система управления станцией (АСУС), автоматизированная система выдачи предупреждений на поезда (АС ПРЕД), подсистема эталонной нормативно-справочной информации (ПЭ НСИ), автоматизированная система организации вагонопотоков (АСОВ), автоматизированная система разработки нормативных и вариантных графиков движения поездов (АРМ «Графист»), автоматизированная система организации и планирования «окон» (АС «Окна»), автоматизированная система по составлению ведомости станций, участвующих в плане формирования грузовых поездов (АС «Ведомость ПФ»), автоматизированная система комплексного анализа работы дороги (АСКАР-Д).

Использование данных информационных систем позволяет формировать для ДНЦ базу данных о состоянии поездной работы на объектах участка, обеспечить приемлемый уровень контроля за выполнением поездной работой. Современные требования к СУБД требуют применения системного подхода по отношению к процессу диспетчерского управления и его автоматизации. Поэтому задача расширения функциональных возможностей и устранения недостатков в этих системах остается актуальной [5].

С целью повышения уровня безопасности поездной работы на участках инфраструктуры Центра управления перевозками в предметной области исследования поездной работы следует обратить внимание на два принципиальных аспекта, имеющих научную новизну.

Во-первых, задача обеспечения необходимого уровня контроля при выполнении технологических процессов должна решаться путем автоматизации функций контроля с элементами интеллектуального управления. При этом должны проверяться и блокироваться не только ошибочные действия оперативного персонала, но и контролироваться порядок и продолжительность выполнения технологических операций, а также накапливаться база знаний по операциям поездной работы.

Второй аспект определяется особой значимостью для безопасности одной из задач функции контроля, которая связана с заблаговременным прогнозированием последствий сложившейся поездной ситуации. Максимальный уровень безопасности на железной дороге зависит от уровня остаточного риска возникновения опасной ситуации в поездной работе, т. е. совокупного остаточного риска после реализации всех средств управления рисками.

Таким образом, можно заключить, что перспективным направлением обеспечения безопасности на железнодорожном участке является применение систем управления, оперирующих параметрами управления рисками, и интеллектуализация контроля данных о состоянии поездной работы.

Список литературы

1 **Коротков, В. М.** Исследование систем управления / Э. М. Коротков. – М., 2000. – 226 с.

2 **Ермакова, Е. М.** Применение системного и ситуационного подходов в реформировании организационной структуры управления / Е. М. Ермакова, М. С. Агафонова // Научное обозрение. Экономические науки. – 2016.– № 2. – С. 68–73.

3 **Ефанов, Д. В.** Основы построения и принципы функционирования систем технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. пособие / Д. В. Ефанов, А. А. Лыков. – СПб. : ПГУПС, 2012. – 59 с.

4 Система диспетчерской централизации / Д. В. Гавзов [и др.]. – М., 2002. – 407 с.

5 Развитие системы мониторинга при создании автоматизированной системы управления состоянием инфраструктуры железной дороги / Г. В. Глевицкий [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. Ч. I / под ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2017. – С. 15–16.

УДК 656.2.08:346.2

РЕГУЛИРОВАНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ЗАКОНЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ «О ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»

Ю. И. КУЛАЖЕНКО, В. Г. КУЗНЕЦОВ, И. М. ЛИТВИНОВА, М. А. КИЛОЧИЦКАЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Закон Республики Беларусь «О железнодорожном транспорте» [1] (далее – Закон) определяет правовые, экономические и организационные основы деятельности железнодорожного транспорта Республики Беларусь, понятие и виды железнодорожного транспорта, основы функционирования железнодорожного транспорта, условия оказания услуг. Статьи Закона регулируют отношения участников перевозочного процесса при выполнении работ и оказании услуг, вопросы обеспечения безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта и иные положения транспортной деятельности.

Обеспечение безопасности является важным принципом функционирования транспорта [2–4] и требует определения норм и требований к деятельности организаций железнодорожного транспорта, содержанию объектов инфраструктуры и подвижного состава, квалификации работников и другим условиям эксплуатации и организации движения. Обеспечение безопасности транспортных процессов, объектов инфраструктуры и подвижного состава возлагается на самих участников процесса.

Структура Закона включает 7 глав и 40 статей, регулирующих различные аспекты деятельности железнодорожного транспорта общего и необщего пользования. Вопросам обеспечения безопасности посвящена глава 5 «Безопасность движения и эксплуатации железнодорожного транспорта. Охрана грузов и объектов организаций железнодорожного транспорта общего пользования. Организация работы железнодорожного транспорта в чрезвычайных ситуациях», однако отдельные аспекты обеспечения безопасности присутствуют в других статьях Закона.

В понятийный аппарат Закона (статья 1) включены два термина и их определения, раскрывающие предметную область транспортной деятельности и ее безопасности:

– «безопасность движения и эксплуатации железнодорожного транспорта», который характеризуется такими параметрами, как 1) состояние защищенности процесса движения транспортных средств железнодорожного транспорта; 2) недопустимый риск возникновения транспортных происшествий и их последствий, влекущих за собой причинение вреда жизни или здоровью граждан, окружающей среде, имуществу юридических и физических лиц;

– «охранные зоны», который предусматривает определение специальной территории с особыми условиями, необходимые для обеспечения их безопасной эксплуатации, а также обеспечения безопасности населения.

В статье 6 Закона «Государственное регулирование в области железнодорожного транспорта» присутствуют базисные требования в виде целевых ориентиров регулирования обеспечения целостного, эффективного, безопасного и качественного функционирования железнодорожного транспорта, а также его комплексного развития.

Одним из целевых направлений экономического стимулирования в области железнодорожного транспорта общего пользования (статья 16 Закона) является внедрение инновационных и безопасных технологий.

В обязанности владельцев инфраструктуры и перевозчиков, в соответствии со статьями 20 и 21 Закона соответственно, входит обеспечение выполнения требований безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, а также требований по охране труда на железнодорожном транспорте общего пользования. Установлена обязанность владельца инфраструктуры содержать принадлежащую ему инфраструктуру в надлежащем техническом состоянии, а перевозчика – содержать транспортные средства железнодорожного транспорта, иные принадлежащие ему объекты, необходимые для осуществления перевозок, в надлежащем техническом состоянии. Также определены обязанности перевозчика, связанные с обеспечением безопасности и охраны труда: наличие квалифицированных работников, имеющих документы, подтверждающие их квалификацию и профессиональную подготовку; допуск к работе лиц, удовлетворяющих квалификационным требованиям и не имеющих противопоказаний к работе по состоянию здоровья.

В статье 25 Закона «Ответственность организаций железнодорожного транспорта общего пользования» определены отдельные случаи и признаки нарушения безопасности, такие как неподача транспортных средств железнодорожного транспорта для перевозки грузов, задержка отправления пассажиров, утрата, недостача, повреждение (порча) грузов, багажа, грузобагажа, самовольное занятие, повреждение или утрата вагонов и контейнеров, принадлежащих отправителям и получателям грузов или арендованных ими.

Глава 5 Закона включает в себя 7 статей, раскрывающих отдельные вопросы обеспечения безопасности:

– статья 26 «Обеспечение безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта» определяет отдельные положения, являющиеся предметом обеспечения безопасности организациями железнодорожного транспорта, устанавливает требование по содержанию объектов инфраструктуры, технических средств в соответствии с НПА, а также обязывает принимать меры по локализации и ликвидации последствий транспортных происшествий, в том числе крушений, аварий и инцидентов, спасению жизни и сохранению здоровья граждан, снижению размеров вреда окружающей среде, имуществу юридических и физических лиц;

– статья 27 «Зоны повышенной опасности» устанавливает понятие зон повышенной опасности и предписывает при необходимости требование по их ограждению;

– статья 28 «Железнодорожные переезды и железнодорожные пешеходные переходы» устанавливает требование по оборудованию устройствами, обеспечивающими безопасные условия проезда транспортных средств, прохода пешеходов и прогона домашних животных, мест пересечения с железнодорожными путями в одном уровне автомобильных дорог и переходов;

– статья 29 «Ответственность за нарушение правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта» определяет ответственность лиц за нарушения правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, а также за нарушение правил и норм безопасности при строительстве и эксплуатации систем газоснабжения, магистральных газопроводов, нефтепроводов, нефтепродуктопроводов, других объектов, пересекающих железнодорожные пути или находящихся в непосредственной близости от них;

– статья 30 «Охрана грузов и объектов организаций железнодорожного транспорта общего пользования от противоправных посягательств» определяет положения по охране грузов военизированной охраной Белорусской железной дороги в пути следования и на железнодорожных станциях, объектов организаций железнодорожного транспорта общего пользования, перечень объектов, подлежащих обязательной охране, требования к оборудованию средствами и системами охраны, а также контроль за ними регламентируются данной статьей;

– статья 31 «Охрана общественного порядка» определяет, что органами внутренних дел Республики Беларусь во взаимодействии с военизированной охраной Белорусской железной дороги обеспечивается охрана общественного порядка на железнодорожном транспорте общего пользования;

– статья 32 «Организация работы в чрезвычайных ситуациях» устанавливает приоритет проведения мер по ликвидации чрезвычайных операций, определяет обязанность об информировании о возникновении чрезвычайной ситуации, определяет лица (организации), привлекаемые для ликвидации чрезвычайной ситуации, а также прописывает действия с грузом при невозможности его доставки.

В статье 33 «Особенности регулирования труда работников организаций железнодорожного транспорта общего пользования» установлен запрет на забастовки, так как они напрямую влияют на безопасность на предприятиях железнодорожного транспорта, жизнедеятельность государства. Основные требования к работникам по проведению медицинских осмотров, проведению контроля состояния работников, стажировок, технического обучения, аттестации, выдачи свидетельства о квалификации установлены в статье 34 Закона.

Согласно статье 36, в целях обеспечения безопасности населения, а также безопасности при эксплуатации объектов организаций железнодорожного транспорта общего пользования, расположенных на землях, подверженных оползням, обвалам, размывам и иным опасным воздействиям природного характера, в соответствии с законодательством устанавливаются охранные зоны.

К приоритетным задачам совершенствования законодательной базы необходимо отнести вопросы обеспечения транспортной безопасности в Республике Беларусь (РБ), поскольку транспортная безопасность является составной частью национальной безопасности государства [5]. От состояния и качества безопасной работы транспортного комплекса РБ зависит его работоспособность, выполнение транспортных услуг по перевозке грузов и пассажиров, обеспечение потребного перевозочного потенциала железнодорожного транспорта.

Совершенствование системы обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте возможно на основе формирования системных требований и норм, адаптированных под современные запросы транспортного рынка [6], национальное и международное законодательство:

– формование требований к системе обеспечения безопасности организаций железнодорожного транспорта;

– определение правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта;

– гармонизация норм безопасности на железнодорожном транспорте с национальными и международными НПА с участием РБ;

– определение в НПА требований безопасности к процессам перевозок железнодорожным транспортом;

– определение в НПА рисков, приводящих к снижению уровня безопасности инфраструктуры, подвижного состава, систем управления, и системы мер, направленных на снижение влияния риск-факторов на безопасность транспортной деятельности;

– определение методологических подходов к выдаче сертификатов безопасности на осуществление транспортной деятельности по оказанию услуг на железнодорожном транспорте, сертификации продукции, используемой на железнодорожном транспорте;

– регламентация требований к системе подготовки и переподготовки персонала, занятого транспортной деятельностью, обеспечением безопасности транспортной деятельности и гармонизация с требованиями международных соглашений;

– адаптация норм безопасности на железнодорожном транспорте в рамках международных организаций (МСЖД, ОСЖД, Совет по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества, ЕАЭС, Союзного государства и других) с целью реализации системного подхода к данной проблеме и обеспечению беспрепятственного пропуска транзитного транспортного потока.

Список литературы

1 О железнодорожном транспорте : закон Респ. Беларусь от 06 янв. 1999 № 237-З : с изм. и доп. – Минск, 1999. – 15 с.

2 Об основах транспортной деятельности : закон Респ. Беларусь от 05 мая 1998 № 140-З : с изм. и доп. – Минск, 1998. – 8 с.

3 О перевозке опасных грузов : закон Респ. Беларусь от 06 июн. 2001 № 32-З : с изм. и доп. – Минск, 2001. – 25 с.

4 Правила технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь : утв. постановлением М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь от 25 ноя. 2015 № 52. – Минск : Белорусская ж. д., 2020. – 547 с.

5 **Кулаженко, Ю. И.** Развитие системы государственного контроля безопасности транспортной деятельности на железнодорожном транспорте / Ю. И. Кулаженко, А. А. Ерофеев, В. Г. Кузнецов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. Ч. I / под ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2017. – С. 38–39.

6 **Кулаженко, Ю. И.** Система управления безопасностью участника перевозочного процесса на железнодорожном транспорте / Ю. И. Кулаженко, А. А. Ерофеев, В. Г. Кузнецов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2017. – № 2 (35). – С. 70–75.

УДК 656.21:331.45

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Ю. И. КУЛАЖЕНКО, Е. А. ФЁДОРОВ, А. Д. АКСЕНОВА, А. А. СТРАДОМСКАЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для выработки эффективных профилактических мер, направленных на предупреждение несчастных случаев на производстве, непроизводственного травматизма, аварий и инцидентов на опасных производственных объектах, производится анализ состояния охраны труда и промышленной безопасности в организациях Белорусской железной дороги.

Анализ причин производственного травматизма показал, что действующая на Белорусской железной дороге система охраны труда является эффективной. Так, за период с 2016 по 2020 гг. наблюдается общее снижение числа допущенных случаев производственного травматизма на 9,5 %. Распределение случаев по тяжести последствий показывает тенденцию к снижению смертельных случаев. В большинстве случаев травмирование происходит непосредственно по вине пострадавшего работника. Вместе с тем в ряде случаев травмирование происходит вследствие неверных действий непосредственных руководителей работ.

Для профилактики и предупреждения несчастных случаев в системе охраны труда на Белорусской железной дороге определены обязательные **мероприятия по ключевым направлениям**:

Совершенствование нормативно-правового обеспечения:

– обеспечение соответствия условий рабочих мест государственным нормативным требованиям охраны труда;

– приведение в соответствие с установленными требованиями нормативной базы, регулирующей вопросы охраны труда на производстве;

– переработка Инструкции по электробезопасности для работников железнодорожного транспорта на электрифицированной железной дороге;

– внесение изменений в Правила по охране труда при эксплуатации, ремонте и строительстве устройств электрификации;

– совершенствование механизма стимулирования (в первую очередь – экономического характера) работодателей (руководителей) и работников к исполнению своих обязанностей по обеспечению здоровых и безопасных условий труда в коллективах, принятию мер по укреплению трудовой и производственной дисциплины в организациях, а также повышению эффективности контроля за ее соблюдением.

Социально-экономическая мотивация работников:

– применение более гибких методов стимулирования руководителей всех уровней и работников за исполнение обязанностей по обеспечению здоровых и безопасных условий труда. В качестве меры предлагается включить в действующее положение о премировании основания для премирования работников за снижение опасности выполняемой работы.

Организационно-технологические меры:

– введение персонифицированного учета нарушений требований по охране труда с использованием его данных при осуществлении кадровой политики в организациях, а также доработка нормативной документации с учетом разработанной базы учета нарушений, реализованной в АС «Промышленная безопасность»;

– корректировка имеющейся базы учебных фильмов и наглядных пособий об обеспечении безопасности на железнодорожном транспорте;

– применение для обучения VR-тренажеров (виртуальной реальности), моделирующих последствия нарушений правил охраны труда.

Разработка и применение технических решений, направленных на снижение риска производственного травматизма и (или) снижение тяжести возможных последствий:

– введение в промышленную эксплуатацию комплектов специальной одежды и обуви для защиты от термического воздействия, наведенного напряжения и электрических полей;

– расширение сферы применения устройств для видеорегистрации на процессы непосредственного производства работ в электроустановках и других объектах повышенной опасности с учетом эффективности применения видеорегистрации при допуске бригад к работе в электроустановках;

– расширение мониторинга состояния электроустановок и организации эксплуатации электрохозяйства на предприятиях дороги (оформление актов и предписаний на устранение несоответствий требованиям нормативных документов).

Меры санитарного и медицинского характера:

– повышение качества обязательных медицинских освидетельствований работников на профессиональную пригодность и допуск к работе, за счет выработки дополнительных рекомендаций, учитывающих установленные в ходе анализа зависимости случаев производственного травматизма от возраста работников;

– совершенствование учета деятельности по формированию здорового образа жизни для определения степени вовлечения работников в проводимые мероприятия (акции, дни здоровья и иные) с целью определения их эффективности и выработки системных мер по совершенствованию проводимой работы;

– применение механизмов реабилитации работников для снижения посттравматических последствий.

При анализе причин случаев травмирования граждан в период 2016-2020 гг. наблюдалась выраженная тенденция к снижению общего числа допускаемых случаев травмирования граждан, что говорит об эффективности проводимой на БЧ работы в данном направлении.

Предлагаемые **профилактические меры по предупреждению случаев травмирования граждан** на объектах железнодорожной инфраструктуры включают в себя:

Совершенствование нормативно-правового обеспечения:

– усиление административной ответственности: за проход по железнодорожным путям или нахождение на железнодорожных путях в неустановленном месте; за нарушение лицом, управляющим транспортным средством, правил проезда железнодорожного переезда;

– запрет на правовом уровне на использование при переходе и нахождение на железнодорожных путях в наушниках, капюшонах, а также запрет использования мобильного телефона.

Организационно-технологические меры:

– проведение инструктажей с локомотивными бригадами о действиях при ведении поезда по участкам (местам) концентрации непроизводственного травматизма, особенностям проезда мест массового перехода людей через железнодорожные пути.

Продолжение профилактической работы с населением о безопасности нахождения на объектах железнодорожной инфраструктуры, включая следующие направления:

– разработка стратегии и программы предоставления информации населению;

– социальная реклама в средствах массовой информации и сети Интернет;

– расширение представленности информационных блоков по правилам поведения людей на объектах железнодорожной инфраструктуры в социальных сетях и иных интернет-ресурсах;

– разработка программ и проведение разъяснительной работы среди детей и школьников о правилах нахождения и потенциальной опасности объектов железнодорожного транспорта;

– проведение совместной профилактической работы с Госавтоинспекцией, в том числе рейдов по местам концентрации дорожно-транспортных происшествий, включения информационных блоков об опасности объектов железнодорожной инфраструктуры в программы профилактической работы Госавтоинспекции;

– стандартизация видов, форм и способов подачи информации об опасности транспортных производственных объектов для населения.

Разработка и применение технических решений, направленных на физическое дистанцирование населения от потенциально опасных объектов:

– физическая изоляция мест с повышенной опасностью: строительство над- и подземных пешеходных переходов, мостов, тоннелей, ограждение зоны движения поездов и др.;

– обустройство пешеходных переходов световой и звуковой сигнализацией;

– установка систем видеонаблюдения в местах концентрации непроизводственного травматизма;

– установка физических барьеров на охраняемых переездах для предотвращения выезда автомобильных транспортных средств на железнодорожные пути при запрещающем сигнале светофора.

В результате анализа состояния промышленной безопасности выявлено, что применяемая в настоящее время система технического диагностирования и освидетельствования не в полной мере обеспечивает требования к необходимому уровню надежности кранов, эксплуатируемых на Белорусской железной дороге. Это подтверждается значительной долей проводимых внеплановых тех-

нических диагностирований и освидетельствований. Также установлена тенденция увеличения проводимых технических диагностирований и освидетельствований в периоды с экстремальными метеорологическими условиями эксплуатации.

Также определено, что инциденты при эксплуатации опасных и потенциально опасных объектов на Белорусской железной дороге не носят системного характера. Основные причины произошедших инцидентов – усталостное разрушение сварных конструкций в связи со значительным возрастом оборудования или в результате форс-мажорных обстоятельств.

Контроль в области промышленной безопасности в организациях Минтранса как в самой крупной организации – ГО «Белорусская железная дорога», так и в средних организациях осуществляется на должном уровне. Различия заключаются в технологии ведения учета объектов промышленной безопасности.

С учетом результатов анализа текущего состояния системы обеспечения промышленной безопасности в организациях Белорусской железной дороги предложены следующие **мероприятия**:

1 Рассмотреть вопрос об актуализации информации в автоматизированной системе «Контроль состояния промышленной безопасности».

2 Увеличить контроль за согласованием отчетных данных по объектам промышленной безопасности между подразделениями Управления Белорусской железной дороги.

3 Внести изменения в программное обеспечение «Контроль состояния промышленной безопасности» в части повышения информационности для принятия управленческих решений (нет статистически обработанной информации о распределении по времени: по годам производства объектов промышленной безопасности, по годам проведения диагностики и освидетельствованию и т.д.).

4 Повысить контроль за обслуживающим персоналом, за работой порученного ему оборудования путем осмотра и проверки исправности объектов промышленной безопасности.

5 С целью недопущения производственного травматизма усилить подготовку специалистов по вопросам промышленной безопасности.

6 Сократить количество рабочих мест с вредными и (или) опасными условиями труда за счет технических и технологических решений по снижению потенциального воздействия опасных условий труда и дистанцированию персонала от зон прямого взаимодействия.

В качестве рекомендаций предлагается обеспечить визуализацию документационного обеспечения объектов промышленной безопасности, учет и анализ аварий и инцидентов, мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, учет и контроль выполнения предписаний надзорных органов и прочего в автоматизированной системе по промышленной безопасности.

УДК 658.8

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ В РАМКАХ КОРПОРАТИВНОГО РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА АО «УКРЗАЛИЗНЫЦЯ»

Т. С. МЕЛЬНИК, О. В. ХРИСТОФОР
Акционерное общество «Украинская железная дорога», г. Киев

Железная дорога, как и любой другой вид общественного транспорта, является зоной повышенного риска не только для третьих лиц, но и для своих сотрудников. В связи с этим вопросы, касающиеся производственного и непроизводственного травматизма и, соответственно, управления рисками в области охраны труда и техники безопасности, не теряют своей актуальности, а с разработкой и введением новых стандартов ISO только возросла, затрагивая все отрасли государственных экономик различных стран, включая транспортную сферу.

Постоянное снижение и/или предотвращение рисков производственного травматизма, что является одной из ключевых установок стандартов ISO в области охраны труда и техники безопасности (45001÷45005), возможно только при условии введения корпоративной системы управления рисками в рамках риск-менеджмента.

Успех этого процесса в конечном итоге зависит от степени вовлеченности работников транспортной организации в данную систему. Начинается он с осознания необходимости перехода на новые стандарты, а также от уровня владения каждым работником современными знаниями в обла-

сти управления рисками, в частности, связанными с производственным травматизмом. Вышеизложенное свидетельствует о важности рассмотрения базовых основ построения данной системы.

Общекорпоративная система управления рисками АО «Укрзализныця» как составляющая корпоративной системы риск-менеджмента, а также все ее функциональные части состоят из шести основных взаимосвязанных этапов (рисунок 1): (1) – мониторинг; (2) – идентификация; (3) – прогнозирование; (4) – оценка; (5) – управление; (6) – мониторинг.

Рисунок 1 – Система управления рисками АО «Укрзализныця»

Первые четыре этапа осуществляются в рамках информационно-аналитического блока, последние два – в рамках блока принятия управленческих решений. Такое распределение этапов между блоками свидетельствует о том, что мониторинг (1), который должен осуществляться в рамках информационно-аналитического блока, но необходимость проведения которого, как правило, упускают из вида и ученые, и практики, принципиально отличается от мониторинга (6), относящегося к управленческому блоку. Так, мониторинг (1) подразумевает изучение факторов среды возникновения рисков и предполагает: выявление изменений во внешней и внутренней среде АО «Укрзализныця»; выявление новых рисков; пересмотр состояния известных (выявленных) рисков. В свою очередь мониторинг (6) заключается в анализе эффективности реализации процедур воздействия на внешние и внутренние риски и сводится: отслеживанию идентифицированных рисков; мониторингу остаточных рисков; мониторингу планов реагирования на риски и антирисковых мероприятий. При этом структура системы управления рисками в области охраны труда и техники безопасности, производственного и непроизводственного травматизма становится функционалом нескольких департаментов АО «Укрзализныця», а именно: Департамента безопасности движения, Департамента охраны труда и промышленной безопасности, Офиса по управлению рисками и Главного управления военизированной охраной.

В целом задачей активного управления рисками в области охраны труда и техники безопасности является минимизация возможных повреждений и связанных с ними убытков, снижение вероятности возникновения рисков за счет планомерного воздействия на причины и последствия их возникновения, тогда как реакционное управление рисками сводится к погашению рисков, которые уже проявились, и к ликвидации их последствий, а пассивное управление рисками предполагает, как правило, отказ от определенных проектов и/или сознательное сохранение риска при его низкой вероятности либо слабой степени негативного воздействия на производственную деятельность.

Общепринятыми универсальными показателями проявления рисков в области охраны труда и техники безопасности (производственного травматизма) на практике являются:

1) причинение вреда жизни или здоровью участников перевозочного процесса и третьих лиц;

2) экономический ущерб (или эквивалент иного вида убытка) от неблагоприятных событий на железнодорожном транспорте.

Потери и негативные последствия от наступления рисковых ситуаций делятся на технические, экономические, социальные и экологические. Риски производственного травматизма в зависимости от последствий относятся к социально-экономическим. В свою очередь к прямому ущербу железной дороги относятся только технические потери и последствия, а все остальные виды потерь и по-

следствий могут носить как прямой, так и косвенный характер (рисунок 2), однако все они должны быть учтены в общей сумме ущерба ($У_{общ.}$).

В свою очередь расходы на компенсацию повреждений, возмещение убытков, восстановление физического состояния пострадавших людей и объектов, а также другие действия по устранению последствий рисковых событий делятся [1, с. 20]:

– на основные, непосредственно связанные с пострадавшим объектом: лечением человека, ремонтом (восстановлением, модернизацией и т. п.) объекта. Эти расходы несет хозяйство-владелец объекта, на который направлены антирисковые мероприятия;

– дополнительные, которые вызваны потребностью в длительном восстановлении работоспособности пострадавшего человека или объекта, необходимостью изменений в условиях эксплуатации пострадавшего производственного объекта после проведения с ним работ по ликвидации последствий, а также на мероприятия по предотвращению потерь, избеганию рисковой ситуации. Данные расходы касаются как хозяйства-работодателя и владельца пострадавшего объекта, на которые направлены антирисковые мероприятия, так и хозяйств, задействованных в восстановительных процессах, обслуживании объекта;

– смежные, которые необходимо понести для обеспечения нормальных условий для труда людей и эксплуатации пострадавшего объекта после проведения с ним работ по ликвидации последствий или предотвращению потерь, избеганию рисковой ситуации. Такие расходы несут хозяйства железнодорожного транспорта, к которым не относятся пострадавший работник или объект работ и которые непосредственно не задействованы в восстановительных процессах, но они обеспечивают нормальные условия для трудовой деятельности и эксплуатации производственного объекта.

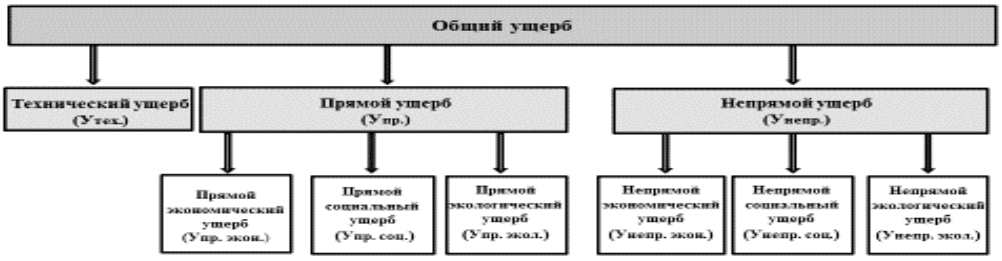


Рисунок 2 – Структура общего ущерба АО «Укрзализныця» вследствие наступления рисков
(Источник: сформировано автором)

Выводы. Повышение эффективности процедур воздействия на внешние и внутренние риски, наряду с минимизацией возможных негативных последствий допущенных рисков, снижением вероятности их возникновения, является ключевой задачей активного управления рисками в области охраны труда и техники безопасности. Реализация мероприятий по предотвращению рисков и минимизации связанного с ними ущерба не может обходиться без соответствующих расходов, нередко значительных. Придерживаясь принципа экономичности, присущего системе риск-менеджмента, антирисковые мероприятия должны предусматривать несколько вариантов их реализации. Выбор оптимального направления воздействия на риск (профилактика риска или снижение риска) осуществляется на основе сравнительной оценки эффективности каждого варианта. С этой целью проводится сопоставление дополнительных затрат на реализацию предложенных мероприятий по каждому направлению с возможным отклонением в результате наступления риска. Исходя из такого сопоставления принимается решение об осуществлении антирисковых мероприятий или отказе от них с учетом того, что, начиная с определенного уровня, расходы на прямое снижение риска растут более быстрыми темпами, по сравнению с уровнем снижения риска. В связи с этим снижение уровня риска может быть достигнуто либо путем значительного увеличения расходов на антирисковые мероприятия, либо путем усовершенствования методов управления рисками.

Список литературы

1 Идентификация и оценивание рисков в системе риск-менеджмента на железнодорожном транспорте: методический базис / Т. С. Мельник [и др.] – Saarbrücken, Deutschland; Riga: LAP LAMBERT Academic Publishing RU, 2018. – 43 с.

УДК 656.043.4 : 656.22

К ВОПРОСУ НАДЕЖНОСТИ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Е. А. МИЩЕНКО
Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Клиентоориентированность является основной ценностью и ключевым фактором успешности и конкурентоспособности в долгосрочной перспективе, а также важнейшей составляющей корпоративной культуры Холдинга ОАО «РЖД».

Эффективность деятельности ОАО «РЖД» обеспечивается при условии взаимосвязи управления процессами создания и реализации услуг. Главная услуга компании – перевозка груза, и важно стремление к максимальному соответствию качества транспортного обслуживания и желаний потребителей и потенциальных клиентов. Клиент будет удовлетворен, когда перевозка осуществилась «точно в срок» и «до двери». В ОАО «РЖД» это можно оценить с помощью показателя надёжности срока доставки – доля отправок, доставленных в нормативный (договорной) срок.

В ходе анализа отчётных данных (таблица 1) было установлено, что в целом по сети железных дорог ОАО «РЖД» за последние пять лет 2020 год стал самым неблагоприятным в отношении надёжности доставки. В первую очередь это связано с нарастанием внутренних рисков, к которым относятся падения объёмов перевозок в связи с COVID-19, увеличение количества брошенных поездов, изменения структуры перевозок. В процентном соотношении распределение финансовых потерь (штрафы) от несвоевременной доставки грузов и порожних вагонов показано на рисунке 1.

Таблица 1 – **Отчетные данные о доле отправок, доставленных в нормативный (договорной) срок по сети железных дорог ОАО «РЖД» за последние 5 лет**

Год	2016	2017	2018	2019	2020
Фактическое значение	96,1	96,7	97,1	98,4	93,1
В сравнении с прошлым годом	–3,2	–0,6	–0,4	–1,3	+5,3
Штрафы, млрд. руб.	≈ 5,4	≈ 5,1	≈ 3,9	≈ 5,4	≈ 6,5

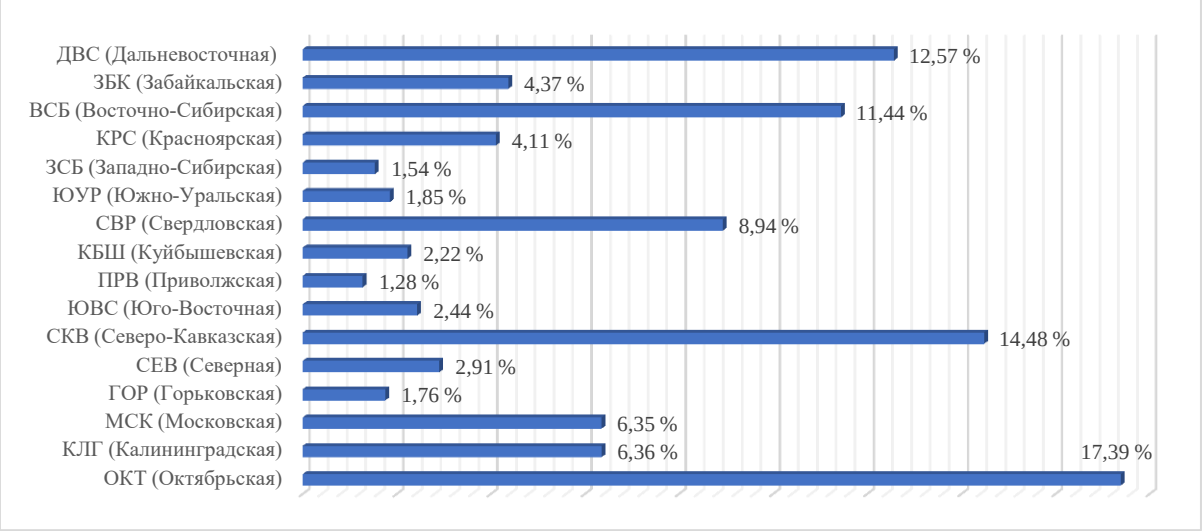


Рисунок 1 – Процентное распределение финансовых потерь от несвоевременной доставки

В ходе исследования выполнен анализ основных причин нарушения нормативного (договорного) срока в региональном разрезе на примере Куйбышевской железной дороги.

При расследовании допущенных случаев нарушения нормативного (договорного) срока акцентировано внимание на причины «бросания» поездов. На основе утвержденного классификатора [1] выделены основные причины:

– 06 Неприем поезда соседней железной дорогой (за исключением 01,02,05) – 26,95 %;

– 10 Недосодержание эксплуатируемого парка локомотивов к установленному плану – 21,29 %;

– 01 Неприем поезда железнодорожной станцией назначения на территории России по причинам, зависящим от грузополучателей, владельцев или пользователей путей необщего пользования – 16,53 %;

– 13 Отсутствие локомотивов по причине превышения установленных норм содержания локомотивов на плановых видах ремонта и технического обслуживания и МПР – 12,50 %;

– 30 Неравномерная заадресовка порожних собственных вагонов в адрес грузоотправителя, в т. ч. при отсутствии согласованной перевозчиком заявки ГУ-12 – 7,44 %.

Также были выявлены сдерживающие факторы при контроле нормативного (договорного) срока в пути следования на основе существующих автоматизированных систем:

– информационно-справочный характер поступающей информации из автоматизированных систем;

– получение информации о нарушении (риска нарушения) сроков доставки постфактум;

– нет данных о потенциальных нарушениях нормативных сроков доставки на срок более трёх суток;

– принятие решения по ускорению продвижения вагонопотока оперативными работниками основывается на опыте и не подтверждены технико-экономическими расчетами;

– «скидывание» вагонов (ответственности) с нарушенным сроком доставки на следующую станцию.

Предлагается несколько направлений по исключению нарушений нормативного (договорного) срока доставки:

- расширение функционала автоматизированных систем с целью отслеживания срока доставки в пути следования и принятия оперативных решений, подкрепленных экономическим расчетом [2];

- разработка комплексных мер, направленных на снижение случаев непроизводительного простоя («бросания») собственных вагонов на путях общего пользования станций по причинам, независящим от перевозчика (стоит пояснить, что на сегодня собственники вагонов оплачивают нахождение («бросание») вагона на путях общего пользования, но выплаченная сумма несоизмеримо мала тем потерям, которая несет ОАО «РЖД» при загрузке станций);

- эффективное использование маневровых локомотивов и снижения простоя местного вагона за счет сокращения времени начально-конечных операций и календарного планирования перевозок;

- расширение номенклатуры транспортных продуктов для удовлетворения потребностей клиента («Грузовой экспресс», отправка по расписанию (с согласованным временем отправления и прибытия), регулярные контейнерные поезда по расписанию).

Таким образом, можно сделать вывод, что основным фактором удовлетворенности клиента является соблюдение нормативного (договорного) срока доставки. Его выполнение зависит не только от состояния инфраструктуры, но и уровня технологий, обеспечения чёткой, согласованной работы всех подразделений ОАО «РЖД». Положительный эффект будет достигнут за счёт интеграции новых механизмов оперативного управления вагонопотоками на всём пути следования.

Список литературы

1 Распоряжение ОАО «РЖД» от 26 июня 2017 г. № 1192р «Об утверждении классификатора причин задержек грузов и порожних грузовых вагонов».

2 **Александров, В. И.** Оценка эффективности по экономическому критерию диапазонов масс составов грузовых поездов, формируемых на железнодорожных станциях в условиях реализации полигонных технологий / В. И. Александров, Е. В. Александров, Е. А. Мищенко // Наука и образование транспорту. – Самара, 2020. – № 1. – С. 92–94.

УДК 614.894.23:656.017

ВЛИЯНИЕ ЛИЦЕВЫХ МАСОК НА ИЗМЕНЕНИЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ АВТОТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ

А. Б. НЕВЗОРОВА, С. В. СКИРКОВСКИЙ, В. В. НЕВЗОРОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

После вспышки пандемии SARS-CoV2 использование лицевых масок широко рекомендуется международными, республиканскими и местными властями [1]. Целью новых санитарно-

гигиенических требований является снижение выделения капель из дыхательных путей у лиц с предсимптомными и бессимптомными инфекционными респираторными состояниями [2].

Текущие рекомендации носить маску для лица во время контакта с другими людьми затрагивают миллионы гражданского населения, а не только медицинских работников, которые должны носить маски в течение всего рабочего времени [3, 4]. Так, водителям такси и маршрутных автобусов, во время пандемии и обострений вирусных заболеваний рекомендовано ездить в медицинских масках. Однако количественное и качественное влияние защитных и медицинских масок на безопасность вождения транспортными средствами ранее не исследовалось.

Поэтому **целью настоящей работы** является анализ изменений психофизиологических качеств водителя при ношении лицевой защитной маски на безопасность управления автомобилем в условиях городского дорожного движения период пандемии COVID-19.

В работе применяются следующие **методы исследования**: статистический анализ; эмпирические данные по реакции водителя при движении транспорта.

Качественная оценка влияния ЛЗМ на психоэмоциональное состояние водителя и степени ее влияния на безопасность вождения проводилась с помощью аппаратно-программного комплекса «Meleti», предназначенного для тестирования, оценки и развития психофизиологических качеств водителей транспортных средств с функцией выдачи автоматического заключения без участия профессионального психолога. В работе сделано допущение, что тип ЗЛМ (медицинская или тканевая) не оказывает влияние на прохождение теста. В качестве автотранспортных средств использовались личные легковые автомобили и пассажирские автобусы. Все участники тестирования дали устное разрешение на использование их ответов в исследовательской работе.

Полученные результаты.

Оценка респондентами влияния ЗЛМ на комфорт во время управления автомобилем (исходя из обработанных 108 анкет) показала, что участники исследования испытывали постоянный (56,5 %) или заметный (40,7 %) дискомфорт при использовании масок, особенно при напряженном режиме движения и в темное время суток.

Выявлено, что более половины участников исследования (54,6 %) испытывали постоянное затруднение в дыхании при использовании маски во время управления, еще 22,2 % иногда испытывали дискомфорт, 23,1 % не испытывали каких-либо неудобств.

Установлено, что 51 % водителей возникали различные аллергические реакции (зуд, покраснение) каждый раз во время управления автомобилем с использованием ЗЛМ, у 16,7 % такие последствия возникали иногда, и только у 32,3 % – никогда.

Подавляющее большинство водителей (75,9 %) испытывали желание снять маску, причем три четверти водителей – постоянно.

Также около 60 % опрошенных чувствовали высокую степень усталости от ношения ЗЛМ постоянно, 17,6 % иногда, и только на 23,1 % респондентов маски негативного влияния не оказали.

В то же время из общего объема более половины опрошенных отметили ухудшение восприятия информации с приборной панели автомобиля, когда они в ЗЛМ управляют автомобилем (38,9 % – существенно и 12,0 % – незначительно). Отмечается сужение угла обзора и некоторое неудобство пользования боковыми зеркалами. При этом у 38 % водителей маска существенно снизила концентрацию внимания, у 27,8 % – незначительно и 34,3 % не заметили какого-либо негативного влияния ЗЛМ на эту характеристику.

Итоги исследований субъективной оценки влияния защитной маски участников опроса на профессионально важные, психофизиологические характеристики водителей выявило следующее: около двух третей водителей сообщили о существенном (41,7 %) или незначительном (20,4 %) снижении реакции, при этому у 38 % не произошло существенных отклонений по влиянию маски на реакцию управления автомобилем.

Таким образом, в ситуации, когда риск заражения минимален, нет объективной необходимости быть водителю в ЗЛМ при управлении автомобилем, и водитель без пассажиров в машине может находиться без маски.

Анализ обобщенных результатов качественного анализа оценки уровня психофизиологических качеств водителей в ЗЛМ показал, что:

– уровень концентрации внимания снижается на 69 %, т. е. водитель не способен длительное время концентрировать внимание на важных элементах дорожного движения и систем управления ТС и в сложных дорожных ситуациях;

– показатель переключаемости внимания снижается на 92 %, т. е. водитель невнимателен к дорожным знакам и показаниям приборов, постоянно отвлекается. Демонстрирует замедленное принятие управленческих решений, особенно в условиях незнакомой дорожной ситуации;

– средний показатель кратковременной памяти снижается на 50 %, т. е. водитель не всегда способен стабильно поддерживать свои поведенческие мотивы при движении по известной дороге в зависимости от ее загрузки по времени суток, по дням недели;

– низкий уровень нервно-психической устойчивости снижается на 92 %;

– средний уровень устойчивости к монотонии показывает увеличение на 136 %, при этом водитель при однообразных условиях дорожного движения устает, теряет скорость реакции, способность контролировать дорожную ситуацию, может даже уснуть, что время от времени провоцирует создание аварийной ситуации.

Построенная диаграмма значимости конкретного коэффициента разделена условно на четыре зоны: пороговая – от 0 до 0,19, удовлетворительная – от 0,2 до 0,59, хорошая – от 0,6 до 0,79 и отличная – от 0,8 до 1,0. Анализ диаграммы показывает, что происходит снижение объема кратковременной памяти, нервно-психическая устойчивость и уровень мотивации к защите из-за операционной и эмоциональной напряженности, возникающей вследствие ношения маски.

Таким образом, маска рассматривается как эвентуальный фактор внешней среды, влияющий на аварийность. Степень влияния предлагается оценивать коэффициентом эвентуальности снижения безопасности дорожного движения. Коэффициент показывает количественную оценку влияния использования защитной маски в процессе управления автомобиля на уровень психофизиологических качеств и свойств личности водителя, которые в свою очередь влияют на безопасность управления автомобилем. Необходимость учета коэффициента эвентуальности при расследовании ДТП возникает, когда есть предположения о наличии причинно-следственной связи ношения защитной маски и фактом возникновения конфликтной и аварийной ситуаций на дороге [5].

Полученные данные могут быть использованы в транспортных организациях для рекомендаций по использованию масок для лиц, осуществляющих пассажирские перевозки.

Список литературы

1 Методические рекомендации по профилактике коронавирусной инфекции (COVID-19), Минздрав Республики Беларусь, 2020.

2 Подходы к анализу эффективности средств защиты органов дыхания как мер снижения риска нарушения здоровья во время пандемии COVID-19 / Е. А. Шашина [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 1. – С. 151–158. – DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.16

3 Mask-Wearing During the COVID-19 Pandemic [Electronic resource] / A. Aravindakshan [et al.] // MedRxiv. – 2020. – doi: https//doi.org/10.1101/2020.09.11.20192971.

4 **Sharma, S. K.** Efficacy of cloth face mask in prevention of novel coronavirus infection transmission: A systematic review and meta-analysis / S. K. Sharma, M. Mishra, S. K. Mudgal [Electronic resource] // Educ Health Promot. – 2020. – Jul 28; 9:192. – doi:10.4103/jehp.jehp_533_20.

5 **Скирковский, С. В.** Построение иерархической системы индикаторов для комплексной оценки аварийных ситуаций / С. В. Скирковский, А. Б. Невзорова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2021. – № 3. – С. 21–27.

УДК 519.21: 656.2.08

ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД В ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

В. Я. НЕГРЕЙ, С. А. ПОЖИДАЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Логико-вероятностный метод оценки безопасности транспортных систем является основным на современном этапе развития теории. Известно, что количественным показателем безопасности является вероятность безопасной работы $P(T > t)$, т. е. продолжительность безопасной работы T будет больше заданного интервала t. Далее будем записывать $P(T > t) = P(t)$.

Общую интенсивность отказов обозначим $\lambda(t)$, тогда

$$\lambda(t) = \lambda_о(t) + \lambda_н(t), \quad (1)$$

где $\lambda_о(t)$ – интенсивность опасных отказов; $\lambda_н(t)$ – интенсивность неопасных отказов.

Учитывая, что $P(t) + Q(t) = 1$, где $Q(t)$ – вероятность работы с отказом.

Выполнив математические преобразования, можно получить выражение для работы системы в нормальном режиме:

$$P(t) = e^{-(\lambda_о + \lambda_и)t}. \quad (2)$$

Безопасность будет оцениваться с помощью выражения

$$P(t) = e^{-\lambda_о t}. \quad (3)$$

В рамках логико-вероятностного подхода к оценке безопасности транспортных систем особую актуальность играют вопросы оценки безопасности работы оператора в системе «человек – машина» и далее, в том числе, когда «машина» заменяет человека и защищает его от опасности. Необходимо признать, что вероятность опасного отказа человека и его учет в теории безопасности транспортных систем не эквивалентен вероятности опасного отказа техники. Здесь предстоит выполнить большой объем исследований в области влияния на разумное поведение человека усталости, климатических факторов, дня недели, года, «памяти» на опасность, возможности контакта с широким кругом людей. Поэтому в рамках логико-вероятностного метода принципиальной особенностью является учет корреляционной связи между опасным отказом техники и ошибкой оператора. Другими словами,

$$P_б(t) = e^{-[T_{сл}(\lambda_о^T \beta(1-P_о P_з)+\lambda_о^{оп})]}, \quad (4)$$

где β – коэффициент, учитывающий влияние оператора на опасный отказ техники ($\beta < 1{,}0$); $T_{сл}$ – срок службы системы; $\lambda_о^T, \lambda_о^{оп}$ – интенсивность опасных отказов техники и оператора, соответственно; $P_о$ – вероятность обнаружения опасного отказа; $P_з$ – вероятность перевода системы в защитное состояние.

Для оценки величины интенсивности $\lambda_о^{оп}$ необходимы дополнительные исследования.

В основе логико-вероятностного метода исключительно важное место занимает процедура сопоставления безопасности различных служб, подразделений, отдельных производств или технологий. Для этого следует разработать метод оценки экономического ущерба от нарушения безопасности. Методики сопоставления частичной или полной потери человека, материальный ущерб от нарушения безопасности транспортной системы, косвенные потери, которые возникают в специальной сфере, позволяют качественно управлять системой обеспечения безопасности.

Одной из ключевых задач является правильная оценка состояния техники. В принципиальной формуле (4) расчет параметра $T_{сл}$ следует приводить с учетом периодичности и объема восстановления каждой транспортной единицы, которые обеспечивают заданный уровень вероятности отказа с учетом особенностей эксплуатации и морального старения техники.

Следующая задача, связанная с логико-вероятностным подходом к оценке безопасности транспортной системы, отождествляется с глубоким пониманием разницы между надежностью и безопасностью. Первая изучает многочисленные и стабильные (нормальные) состояния системы, а вторая – редкие и опасные, поэтому значительный интерес представляет изучение поведения «хвостов» теоретических распределений, т. е. экстремальных событий. Такой подход позволяет предсказать ожидаемую величину безопасности.

УДК 656.212.5:629.46

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ СОРТИРОВОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ НАХОЖДЕНИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ПАРКАХ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

В. Я. НЕГРЕЙ, С. А. ПОЖИДАЕВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. П. ЧАЕВСКИЙ
СЗАО «Электромеханический завод», г. Молодечно, Республика Беларусь

Одной из ключевых задач повышения безопасности перевозочного процесса является работа железнодорожных станций и узлов, их конструкция, адаптация схемных решений к современным условиям. Принципиальной особенностью развития железнодорожных станций и узлов становится их функцио-

нирование в условиях знакопеременных объемов работы на «жизненном цикле». Особое место в проблеме повышения безопасности перевозочного процесса занимают сортировочные комплексы железнодорожных станций (сортировочных, участковых, грузовых, а также промышленных). Сортировочные горки являются наиболее эффективным средством выполнения маневровой работы по сравнению с другими типами сортировочных устройств (вытяжные пути со стрелочными горловинами на площадках и уклонах). Необходимо отметить, что безопасность функционирования и эксплуатационные показатели работы во многом зависят от параметров их конструкций и уровня технического оснащения.

На железнодорожном транспорте Республики Беларусь проводится большая работа по совершенствованию конструкций существующих сортировочных устройств, их технического оснащения, развиваются технические условия проектирования элементов станций и узлов, выполняется целый ряд технических и технологических мероприятий, направленных на повышение безопасности работы сортировочных комплексов железнодорожных станций. В то же время повсеместно используются и такие ручные средства, как тормозные башмаки для регулирования скоростей движения отцепов на немеханизированных тормозных позициях сортировочных горок, закрепления составов, вагонов в парках станций, погрузочно-выгрузочных путях. Проблемным вопросом является закрепление подвижного состава и заграждение путей в парках станций на тех участках, где имеются неблагоприятные сочетания элементов продольного профиля, способствующие возникновению самопроизвольного движения вагонов. Таких путей порядка 150 на станциях Белорусской железной дороги. На 10 станциях требуется установка механизированных закрепляющих устройств.

В рамках теории безопасности и дальнейшего развития методологического подхода к установлению таксонов опасности и их влияния на уровень безопасности перевозочного процесса при закреплении подвижного состава в парках станций в исследовании выполнен анализ факторов, приведших к сходу вагона в Центральном парке станции Барановичи-Центральные в результате выдавливания тормозных башмаков из-под колес первой тележки и последующего взреза стрелочных переводов по маршруту самопроизвольного движения. На основе представленных видеоматериалов о процессе движения вагона при наезде на тормозные башмаки, уложенные на выходном участке пути Центрального (местного сортировочно-отправочного) парка станции Барановичи-Центральные, можно сделать следующие выводы о возможных факторах и причинах выдавливания тормозных башмаков из-под колес тяжелогруженого вагона (масса нетто 66 т, груз – цемент).

Выдавливание (выжимание с вылетом) тормозных башмаков является следствием действия в сочетании нескольких неблагоприятных факторов (таксонов опасности). К ним можно отнести: отклонение геометрии участка пути Центрального парка стации, на котором укладываются тормозные башмаки, в плане и профиле; износ головки рельса, наличие дефектов головки рельса в месте движения юзом вагона с тормозными башмаками (накат, уступ, расплющивание, выработка и т. д.); вывешивание колес первой колесной пары тележки по ходу движения, под которые укладываются выбиваемые башмаки (вывешивание может происходить по причинам отклонения геометрии участка пути, разного уровня головок рельсов участка пути, наличия деформаций головки рельса, неравномерности загрузки груза в вагоне и др.); дефекты поверхности катания колеса; масляное загрязнение рельсов участка пути, колес вагона и башмаков; тип башмаков, износ и дефекты тормозных башмаков (сплющивание носка башмака, придание верхней поверхности уклона к его концу увеличивает вероятность выжимания башмака, нестандартные размеры башмака) или использование новых башмаков; проворот колесной пары на башмаках из-за недостаточного трения (сцепления) между верхней поверхностью колодки и носка башмаков и поверхностью катания колес колесной пары; погодные условия.

В результате действия в сочетании указанных неблагоприятных факторов (таксонов опасности) происходит уменьшение силы трения (сцепления) между верхней поверхностью колодки и носка башмака и поверхностью катания заклиненных колес первой тележки вагона по ходу движения, а т. к. сила давления колес на башмаки значительно превышает силы сопротивления движению юзом по рельсам, это приводит к самопроизвольному движению (выжиманию с вылетом или выдавливанию) башмаков. В результате этого в процессе движения юзом колёса постепенно соскальзывают с башмаков и выдавливают их перед собой. Усугублять такое состояние может наличие уклона участка пути, направленного в сторону движения вагона, масляных загрязнений рельсов и башмаков. В таких условиях согласно рекомендациям работникам сортировочных станций для предупреждения подобных ситуаций при наименьшем трении между башмаком и колесом и башмаком и рельсом на носок башмака и перед ним насыпают песок.

Учитывая, что тормозные башмаки устанавливали в конце паркового пути, обеспечивая достаточное расстояние для заезда и сцепления локомотива с вагонами, их стоянки в ожидании выполнения технологических операций и отправления поезда, можно предположить, что на этих участках пути рельсы будут иметь масляные загрязнения от локомотивов. Замедленная видеосъемка показала, что непосредственно в месте выжимания башмаков, скорее всего, имеются масляные загрязнения на головке и шейке рельсов, расположенные в створе на обоих рельсах. В данных условиях наиболее вероятными причинами выдавливания тормозных башмаков из-под первой колесной пары тележки по ходу движения вагона являются: дефекты рельсов участка пути (расплющивание головки рельса) и отсутствие достаточного сцепления башмака с рельсом; наличие масляных загрязнений рельсов на данном участке пути; состояние тормозных башмаков. Причем новые башмаки могут иметь худшие тормозные качества по сравнению с эксплуатируемыми. При наличии масляных загрязнений на поверхности рельсов тормозной эффект от башмаков снижается в 1,5 раза.

Для повышения безопасности технологических процессов целесообразно применение современных технических средств закрепления и удержания подвижного состава на парковых путях станций, позволяющих, во-первых, вывести работников, непосредственно связанных с движением поездов, из травмоопасной зоны и, во-вторых, автоматизировать процесс закрепления составов и вагонов. К ним относятся такие устройства, как упор тормозной стационарный «УТС-380» и его модификации (УТС-380 эксплуатируются на станции Барановичи-Центральные), балочные заграждающие устройства различных типов, например, «БЗУ-ДУ-СП2К», фрикционно-рельсовое устройство нажимного действия АСУ-ЗР-65, закрепляющее устройство балочное рычажное «ЗУБР» для приемо-отправочных путей станций, домкратовидные устройства закрепления и др. Одно устройство «ЗУБР» может заменить 6–8 тормозных башмаков. Часть из перечисленных устройств уже эксплуатируется, а другая часть находится в стадии разработки, испытаний и апробации. Актуальным является уточнение эксплуатационных характеристик устройств. Эти характеристики влияют на определение потребного количества устройств для установки на станционных путях. Так, в БелГУТе получено выражение для оценки потребного количества удерживающих устройств на одном пути парка $K_з$ в зависимости от фактических условий их размещения (массы поезда $Q_{бр}$, усредненного уклона пути $i_{спр}$, суммарного $F_{сопр}$ и удельного сопротивления движению w) вида

$$K_з = \frac{Q_{бр} g}{F_{уд} \cos(\operatorname{arctg} i_{спр})(1 + i_{спр}^2) / i_{спр}} - \frac{F_{сопр}}{F_{уд}} \text{ или } K_з \approx \frac{Q_{бр} g (i_{спр} - w) \cdot 10^{-3}}{F_{уд}}.$$

Например, если $Q_{бр}$ = 4000 т; $i_{спр}$ = 2,5 ‰; w = 1,0 Н/кН и $F_{уд}$ = 60 кН, то $K_з$ = 1 устройство, которое может заменить установку на пути 7–8 тормозных башмаков.

К новым и перспективным типам таких устройств относится удерживающее клещевидно-весовое гидравлическое устройство для приемо-оправочных и сортировочно-отправочных путей («УВУ»), разработанного Молодечненским электромеханическим заводом. В настоящее время опытный образец устройства проходит эксплуатационные испытания на Белорусской железной дороге. Его конструктивная особенность заключается в том, что создаваемое усилие нажатия тормозных рельсов эквивалентно нагрузке колеса на ходовой рельс (до 150 кН), что позволяет предотвратить «выдавливание» колес вагонов из устройства при закреплении и обеспечить большее усилие удержания $F_{уд}$.

УДК 656.21.001.2:004

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ МАСШТАБНОГО ПЛАНА И НЕМАСШТАБНОЙ СХЕМЫ СТАНЦИИ

Е. М. ПЕРЕПЛАВЧЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Цифровой масштабный план железнодорожной станции представляет собой набор строго позиционированных объектов путевого развития и технического оснащения. Немасштабная схема станции не имеет точных координат привязки объектов и формируется как графическая иллюстрация станционных объектов, обладающих связностью, повторяющей взаимное расположение путей и

стрелочных переводов масштабного плана. Таким образом, цифровая схема станции может быть порождена планом благодаря тому, что компьютерные представления схемы и плана включают аналогичные наборы объектов, которые различаются только по внешнему виду визуального отображения (соответственно стилизованный – без привязки к координатам и точный – по результатам топографической съемки). По сути это два топологически эквивалентных способа отображения инфраструктуры железнодорожной станции, на которых значимые объекты путевого развития (станционные пути и стрелочные переводы) представляются одинаково. Требования к цифровому масштабному плану станции регламентированы (определены соответствующие графические условные обозначения для всех станционных объектов, имеющие специфические различия для масштабов 1:500, 1:1000 и 1:2000; выделены и нормализованы графические слои, на которых закрепляются изображения объектов путевого хозяйства, СЦБ и связи, электро-, газо- и водоснабжения и др.).

Однако для немасштабных схем станции в настоящее время подобные унифицированные требования не разработаны. В результате на станциях используется достаточно большое количество различных схем станций (технические схемы для путевого хозяйства, отображения объектов СЦБ и связи, примыкания подъездных путей, разграничения территории станции между подразделениями, технологические схемы), существенно различающиеся по наполнению станционными объектами, используемым графическим условным обозначениям, внешнему виду).

В условиях полной цифровизации информационного обеспечения перевозок возможно создание общей методики репродуцирования единых стилизованных цифровых немасштабных схем станции из исходного базового конструктива масштабного плана. Трансформация масштабного плана в немасштабную схему происходит через формирование шаблона как геометрического подобия объектов путевой инфраструктуры (рисунок 1).

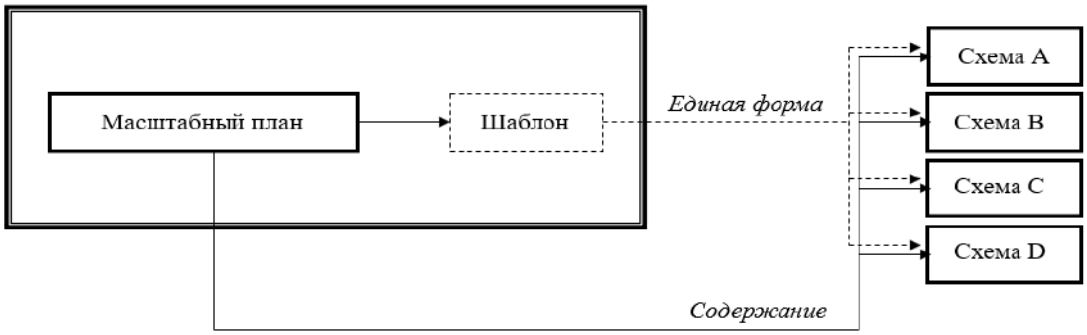


Рисунок 1 – Технология разработки цифровых схем

Исходная криволинейная конфигурация путей станции выправляется по выбранному глобальному вектору. Все пути парков станции в соответствии с правилом параллельности путей и направления глобального вектора теряют криволинейные участки, сжимаясь и (или) растягиваясь вдоль выбранного направления.

Разработка требований к внешнему представлению немасштабных схем позволит воспроизводить однотипные графические изображения для различных станций. При проведении на станции реконструктивных мер, связанных с удлинением и укладкой новых путей или стрелочных переводов, все схемы могут быть воспроизведены автоматически по соответствующему масштабному плану. Общий регламент документального оформления позволит создать единый атлас всех схем станций железной дороги, разработанных по единым требованиям к форме и содержанию цифровых немасштабных схем. В таких условиях внедрение и эксплуатация единой унифицированной базы схем станций, актуальной, доступной и удобной для широкого круга потенциальных пользователей, является залогом долговременного положительного эффекта, связанного, прежде всего, с повышением производительности труда и обеспечением условий для эффективного принятия оперативных решений.

Возможность использовать в работе актуальные и достоверные схемы, структуры и системы обозначений, иметь к одним и тем же схемам одновременный практически мгновенный доступ из различных удаленных друг от друга подразделений позволит сформировать качественно новый уровень работы, взаимодействия, скорости перемещения информационных потоков, что самым позитивным образом повлияет на эффективность работы железной дороги в целом.

УДК 625.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МОСТОВОГО КРАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИВАРИАНТНЫХ РАСЧЕТОВ

В. ПЕТРЕНКО, П. ЖЕВЖИКОВ
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Литовская Республика

В работе рассматриваются некоторые вопросы динамики подъемных кранов мостового типа. В этот класс включены и козловые краны, передвигающиеся по наземному рельсовому пути. Как один из вариантов, можно привести путевые козловые краны семейства КПБ, которые используются на базах, где изготавливаются элементы железнодорожных путей при особенно большой длине крановых путей. В таких условиях очень важным фактором эффективности использования кранов, является скорость их передвижения между рабочими позициями. Соответственно, увеличивая максимальную скорость, можно существенно повысить эффективность работы. Однако следует отметить, что параметры подъемных кранов регламентированы действующими стандартами их производства, монтажа и правилами безопасной эксплуатации.

Цель нашего исследования – изучение влияния геометрических отклонений точности установки рельсового пути на возникающие, при увеличении скорости передвижения крана, динамические процессы. В данном исследовании мы использовали возможности программного комплекса „Universal Mechanism” (UM). Этот программный пакет предназначен для симуляции плоскостных и пространственных динамических систем [1]. Для создания модели был использован модуль моделирования систем железнодорожного транспорта. Благодаря встроенным опциям, мы использовали заготовки моделей колес и возможности моделирования пути с его свойствами и неровностями. Так же для моделирования гибких упругих деталей был использован программный комплекс ANSYS WORKBENCH, геометрия деталей крана была предварительно создана в графическом пакете KOMPAS 3D.

Модель крана разрабатывалась в несколько этапов (рисунок 1). На начальном этапе была создана абсолютно жесткая модель козлового крана без груза. На следующем этапе модель представлена без вертикальных опор в виде мостового крана. Сравнение параметров движения показало возможность применения этого упрощения. К данной модели добавляется подвешенный груз.

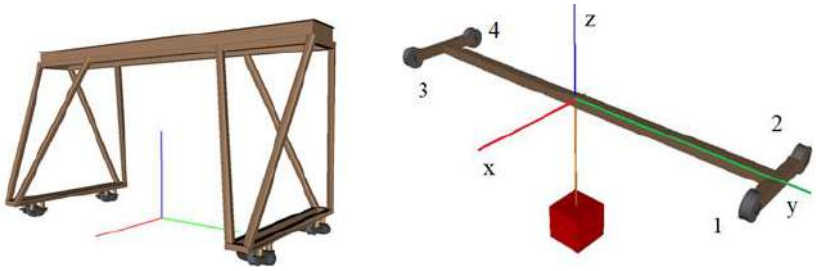


Рисунок 1 – Начальная (слева) и конечная (справа) версии модели крана

Модель подкранового пути представлена в виде безмассовой модели рельсового пути, где рельсы, шпалы и другие части пути взаимодействуют как безмассовые силовые элементы. В модели рельсов используются рельсы Р65 с диссипативными свойствами: вертикальная жесткость 66 МН/м, боковая жесткость 24 МН/м, жесткость на кручение 6,6 МН/м, вертикальное демпфирование 0,4 МН с/м и боковое демпфирование 0,1 МН с/м. Для оценки контактных сил колеса и рельса использовался алгоритм Fastsim, основанный на линейной теории сил ползучести Калкера.

Для создания неровностей на подкрановом пути (длиной 100 м) использовался алгоритм задания неровностей по спектрам, разработанный Федеральным агентством железных дорог (FRA) США. В модели пути использовался спектр неровностей шестого класса качества железных дорог. Требования к геометрии неровностей подкрановых путей отличаются от требований к железнодорожному пути [2, 3], поэтому спектры вертикальных и горизонтальных неровностей были изменены. Неровности подкранового железнодорожного пути были проверены с помощью специального модуля для оценки состояния пути.

Компьютерная симуляция процессов была разделена на три этапа. На первом этапе была создана абсолютно жесткая модель козлового крана, аналогичная крану модели КРВ в комплексе с моделью подкранового пути, разработанной на основе безмассовой модели классического железнодорожного пути. По результатам численных экспериментов была признана неудовлетворительной. Динамическое поведение этой модели не соответствует действительности, поскольку периодически происходит отрыв одного из колес крана от рельса, и мостовой кран практически движется на трех колесах, нормальная сила между колесом и рельсом распределена неравномерно, частота колебаний ее значений неадекватно высока.

На втором этапе была проведена серия численных экспериментов при определенных скоростях движения крана и с дальнейшей модификацией модели крана, подкрановых путей и условий движения. На этом этапе уточнялись и апробировались выбранные критерии оценки динамического поведения крана.

На заключительном этапе была проведена серия экспериментов, определяющих влияние увеличения скорости крана на изменение динамических параметров. В серии численных экспериментов скорость мостового крана последовательно изменялась с 0,5 м/с до 2,9 м/с, с шагом 0,2 м/с. Для анализа динамического поведения модели крана было определено несколько переменных: нормальная сила, стандартное отклонение нормальной силы, общая боковая сила, действующая на колесо, боковое перемещение колес и колесных пар на шаге рельсовой колеи и другие. Так, например, среднее квадратичное отклонение нормальной силы колес мостового крана для диапазона скоростей от 0,5 до 2,9 м/с показано на рисунке 2. Очевидно, что с увеличением скорости силы контакта между колесом и рельсом увеличиваются. Например, для скорости 0,7 м/с среднее квадратичное отклонение нормальных сил для первого колеса не превышало 16,8 кН, а для скорости 2,9 м/с среднее квадратичное отклонение нормальных сил не превышало 19,6 кН.

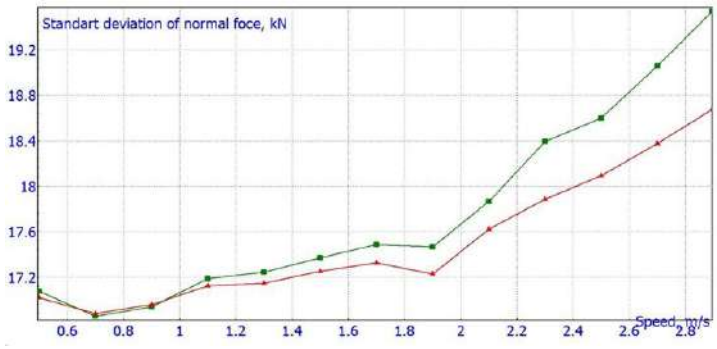


Рисунок 2 – Среднее квадратичное отклонение нормальных сил реакции «рельс – колесо» для 2-го колеса (зеленый) и 4-го колеса (красный) для диапазона скоростей от 0,5 до 2,9 м/с

Боковая сила, действующая на колесо, также увеличивается. Для второго колеса при скорости 0,7 м/с среднее квадратичное отклонение боковой силы, действующей на колесо, не превышает 1,4 кН, а при скорости 2,9 м/с среднее квадратичное отклонение боковой силы не превышает 2,6 кН.

Анализируя результаты численных экспериментов, мы можем выработать определенные рекомендации по оценке критической скорости мостовых кранов. Максимальная скорость (1 м/с) для кранов типа КРВ устанавливается производителем в строгом соответствии с Правилами безопасности [2, 3], но результаты численных экспериментов доказывают, что силы контакта между колесом и рельсом, при заданных неровностях, резко возрастают с 1,6 до 1,8 м/с. Это означает, что определенным образом усовершенствовав качество и методы контроля имеющихся путей, возможно увеличение критической скорости кранов без изменения их конструкции, что позволит повысить эффективность работы мостовых кранов.

Список литературы

1 Laboratory of Computational Mechanics. Simulation of Rail Vehicle Dynamics Homepage [Electronic resource]. – Mode of access : http://www.universalmechanism.com /download/80/eng/08_um_loco.pdf. – Date of access : 30.09.2021.

2 LST EN 15011:2021. Kranai. Tiltiniai ir ožiniai kranai.

3 ГОСТ Р 56944–2016 Краны грузоподъемные. Пути рельсовые надземные. Общие технические условия. – Введ. 2017-04-01. – М. : Стандартинформ, 2016.

4 **Лобов, Н. А.** Динамика передвижения кранов по рельсовому пути / Н. А. Лобов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. – 226 с.

УДК 656.21

НОВЫЙ ДИЗАЙН-КОД ВИЗУАЛЬНЫХ ФОРМ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СЛУЧАЕВ ТРАВМИРОВАНИЯ ГРАЖДАН НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

С. С. ПОСУДНЕВСКИЙ
Белорусская железная дорога, г. Минск

М. Ю. СТРАДОМСКИЙ, В. А. ЛОДНЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Важным элементом в системе обеспечения безопасности пребывания граждан на объектах железнодорожной инфраструктуры является применение визуальных форм предоставления информации об опасности, предназначенных для предупреждения случаев травмирования граждан путем наглядной мотивации их к соблюдению правил поведения, привлечения внимания граждан к имеющейся или потенциальной опасности и информирования о необходимых действиях.

В рамках научно-исследовательской работы, выполненной по заказу Белорусской железной дороги, учеными Белорусского государственного университета транспорта разработан новый дизайн-код визуальных форм предоставления информации об опасности.

Структура нового дизайн-кода основана на сочетании графических символов и поясняющих надписей (рисунок 1). Графические символы отображают информацию с помощью изобразительных средств и при необходимости могут дополняться деталями для обозначения опасности или расширения области применения формы предоставления информации об опасности.

а) *б)* *в)*

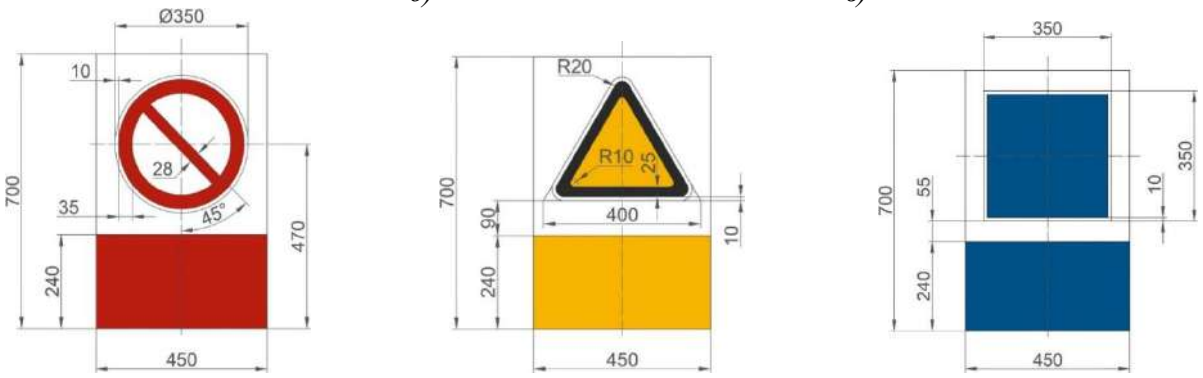


Рисунок 1 – Вертикальное представление шаблонов полей нового дизайн-кода форм предоставления информации об опасности, имеющих:
а – запрещающий характер; *б* – предупреждающий характер; *в* – указательный характер

При разработке нового дизайн-кода визуальных форм предоставления информации об опасности решен ряд задач:

– соблюдение норм национальных стандартов (ГОСТ 12.4.026–2015 [1] и др.);

– обеспечение интеграции в действующую систему информирования граждан, применяемую на Белорусской железной дороге;

– учет конструктивных особенностей элементов железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава;

– обеспечение гармонизации с визуальными формами, использующимися в сопредельных железнодорожных администрациях.

Формы предоставления информации об опасности целесообразно размещать и устанавливать на территории объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта в качестве средств информирования в местах массового прохода и пребывания граждан:

– *в обязательном порядке* – на подходах к местам и (или) непосредственно у мест, где обстановка требует постоянного напоминания гражданам о возможной опасности, о запрещении определенных действий и при наличии устойчивой тенденции травмирования граждан (не менее двух случаев за последние три года);

– по распоряжению руководства отделения железной дороги – на подходах к местам и (или) непосредственно у мест повышенной опасности на подчиненных объектах инфраструктуры.

Перечень форм предоставления информации об опасности, рекомендуемых к установке на территории объектов железнодорожной инфраструктуры, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – **Перечень форм предоставления информации об опасности**

Наименование формы	Наименование формы
1 Прыгать с платформы запрещено!	9 Осторожно! Электрическое напряжение!
2 Ходить по путям запрещено!	10 Не оставляйте детей без присмотра!
3 Подниматься на крышу подвижного состава запрещено!	11 Возможно падение с платформы!
4 Перелезать через автосцепки запрещено!	12 Переходить через пути в наушниках опасно!
5 Подлезать под вагон запрещено!	13 Переходить через пути в капюшоне опасно!
6 При закрытом шлагбауме проход запрещен!	14 Пользоваться мобильным телефоном на путях опасно!
7 Находиться на краю платформы запрещено!	15 Будьте внимательны! Место повышенной опасности!
8 Берегись поезда!	16 Пешеходный переход. Берегись поезда!

Формы предоставления информации об опасности могут группироваться, при этом сохраняется позиционирование их в пространстве и удобство восприятия.

Формы рекомендуется изготавливать двусторонними (изображение на лицевой и обратной стороне носителя) при условии крепления формы на выносном кронштейне. Формы могут устанавливаться на стенах, ограждениях и других вертикальных плоскостях, на опорах контактной сети, осветительных мачтах, на специальных стойках.

Формы предоставления информации об опасности должны размещаться таким образом, чтобы дистанция считывания не превышала 10 м. Освещение форм, как правило, должно обеспечиваться системой общего освещения, либо они могут оборудоваться местным освещением или выполняться с внутренней подсветкой.

Для форм предоставления информации об опасности, имеющих в большей степени *запрещающий* характер, должны использоваться: красный сигнальный цвет, черный контрастный цвет для графических символов и белый контрастный для поясняющих надписей. Доля красного сигнального цвета от общей площади запрещающей формы должна составлять не менее 35 %.

Для форм предоставления информации об опасности, имеющих в большей степени *предупреждающий* характер: желтый сигнальный цвет, черный контрастный цвет для графических символов и поясняющих надписей. Доля желтого сигнального цвета от общей площади формы должна составлять не менее 50 %.

Для форм предоставления информации об опасности, имеющих в большей степени *указательный* характер: синий сигнальный цвет, белый контрастный цвет для графических символов и поясняющих надписей. Синий сигнальный цвет должен составлять не менее 50 % общей площади формы.

Стандартные образцы цветов должны приниматься из наборов цветов с колориметрическими характеристиками, отвечающими требованиям к сигнальным и контрастным цветам [2–7].

Визуальные формы предоставления информации об опасности, разработанные на основе нового дизайн-кода, призваны заменить существующие визуальные формы плакатного типа по причине перегруженности графической информацией и, как следствие, затрудненного восприятия их в короткий промежуток времени, требующийся человеку для реагирования на информацию об опасности и оперативного принятия решения.

Применение нового дизайн-кода визуальных форм дополнит круг мероприятий, способствующих предупреждению случаев травмирования граждан на объектах железнодорожного транспорта, и расширит технические и иные меры обеспечения безопасности граждан.

Список литературы

1 ГОСТ 12.4.026–2015 «Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний» : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 10.12.2015 № 48).

2 Атлас стандартных образцов цвета (образцовая мера) АЦ-1000. – М. : ВНИИМетрологии им. Д. И. Менделеева. – 1982.

3 ТУ 6-10-1449-92. Картотека образцов (эталонов) цвета лакокрасочных материалов.

4 Цветовой регистр стандартных образцов RAL (RAL Standards. Color Collection RAL), Германия.

5 Атлас цветов Манселла (Munsell Book of Color), США. – 1976.

6 Атлас цветов восьмикрасочной системы смешения «Радуга». – М., 1981.

7 Руководство по рецептурам цветов Pantone (PANTONE. Color formula Guide 1000. Korp. Pantone). – New Jersey, США, 1995.

UDC 629.7

PROBLEMS OF TRANSPORT SAFETY IN THE REPUBLIC OF BELARUS

I. F. ROTGON, Yu. E. LOKSHINA, S. B. ANTONENKO
Belarussian State Academy of Aviation, Minsk

125 years have passed since the first accident took place, but transport safety issues are still the most important problems of the organization of public life. According to statistics for 2020, only in Minsk, as a result of an accident, 669 people were injured, 31 people died and 638 were injured of varying severity [1, 2]. In accordance with statistics, road accidents occur most often during rush hours, on holidays, on the first and last days of mass vocations. About 80 % of victims die for the first 2–3 hours in car accidents due to severe blood losses. The road is especially dangerous in winter. The winter months account for about 60 % of accidents throughout the year. Rain and fog also complicate traffic conditions and can cause a traffic accident.

State transport policy provides the implementation of the rights of citizens guaranteed by the Constitution of the Republic of Belarus to free movement.

Transport has always been and will remain the most important component of the economy, a factor that ensures its unity and integrity. The development of transport and communications largely determines the national security of the country, defensive potentialities, and the solution of social problems.

Reliable and efficient transport operation allows other branches of the economy to reduce the cost of goods and services, which in its turn, stimulates the growth of production and consumption, as well as contributes to the expansion of international relations, the integration of the national economy with the world economic system.

The transport system is a set of road, rail, ground and underground urban electric, air, water and other means of transport. The structure of the transport system includes vehicles and transport communications (roads, railways, airways, waterways, information and navigation systems, etc.), transport enterprises and other organizations, and services that ensure the functioning of transport [1, p.105].

Traffic safety on various means of transport is currently one of the priority requirements for transport systems. In the total set of measures to ensure the safety of transportation, three basic areas can be distinguished:

1) improvement of vehicle designs;
2) development of transport highways and engineering structures;
3) improvement of traffic control systems.

Based on the main points of transport safety, the following problems of road infrastructure can be identified:

1) almost 50 % of the total volume of road transport is carried out under exceeding the road network loading standard level;
2) radial configuration of roads is focused on Minsk. Nowadays the main shortcomings of the Belarusian transport are the low technical level and unsatisfactory condition of its production base.

Reconstruction and construction of infrastructure facilities reduction, as well as the replenishment rate and fleet renewal recently have led to a significant deterioration in their technical condition (age structure, wear and tear, etc.) and performance [3, p.112].

The main problems of the vehicle functioning include the following:

1) the lack of statistical reporting on the volume of passenger transportation services;
2) insufficient quality of dispatching services concerning speed order processing;
3) driver behavior low culture;
4) drivers' insufficient qualification and training;
5) carriers providing transportation services without a special permition (license);
6) lack of full control over the fare.

In order to improve control over the fare payment on passenger transport, it is necessary to consider in the future the transfer of violations related to stowaways from the scope of administrative to the scope of civil law. And it is important to introduce passenger civil liability to the carrier for fare payment, according to which the passenger in the case of stowaways will be obliged to pay a penalty to the carrier for contract terms violations.

The introduction of an automated system for passenger accounting and fare control will allow:

– to increase fare collection in road transport and the level of income of road carriers;

to improve the quality of passenger service, economic attractiveness and convenience of paying through the system for the population;

– to monitor passenger traffic to improve public services;

– to carry out accounting of the work performed by road carriers with differentiation by time of day, by social groups and other factors;

– to increase the share of non-cash payments to reduce the costs associated with the circulation of cash;

– to minimize the possibility of falsification of travel documents;

– to develop and implement the sale system of electronic tickets;

– to provide an opportunity to purchase tickets using special terminals;

– to provide payment for travel and baggage transportation with the use of modern banking technologies: SMS-banking, Internet banking, bank plastic cards, including the Internet;

The key issue of transport policy is the improvement of state regulation of transport activities. First of all, it is the revision of the procedure for granting subsidies from the budget, taxation rules, tariff policy, as well as antimonopoly regulation. Therefore, transport policy in many countries is considered as a part of the national strategy, and transport is under constant and fairly strict control of the state.

Moreover, an efficient and highly integrated transport system is considered a decisive condition for the formation of domestic and external commodity markets.

Unfortunately, Belarus has not developed a unified transport policy yet and, in fact, the struggle continues between the forces advocating for the radical renewal of the unified transport system and conservative circles defending their departmental interests. The result is unjustified waste of resources of all kinds, including budget funds. To solve transport problems successfully, a systematic and integrated approach is required [4].

Thus, it can be stated that transport safety is the most important aspect in the development of the entire transport system of our country. That is why it is necessary to pay sufficient attention to the development of this problem.

References

1 **Birzhakov, M. B.** Safety in tourism / N. P. Kazakov, M. B. Birzhakov. – St. Peterburg : Publishing house Gerda, 2008. – 208 p.

2 Road-transport accidents and victims in them in the regions and The city of Minsk in 2020 [Electronic resource]. – Mode of access : https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/pravonarusheniya/grafiki_diagrams/dorozhno-transportnye-proisshestviya-i-postradavshie-v-nih-po-oblastyam-i-g-minsku/. – Date of access : 07.09.2021.

3 **Zhukov, V. I.** Safety of workers and the population in the zone of train traffic / V. I. Zhukov. – M. : FGBU DPO "Educational and methodical center for education on railway transport", 2021. – 312 p.

4 **Ivanov, F. F.** The main directions of improvement of the mechanism of state regulation of transport services in Belarus / F. F. Ivanov // Fotinskie reading. – 2014. – No. 2 (2). – P. 79–89.

УДК 656.13

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ФИКСАЦИИ ДОРОЖНОЙ ОБСТАНОВКИ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ИНЫХ ОБЪЕКТОВ НА МЕСТЕ ДТП

С. В. СКИРКОВСКИЙ

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Д. В. КАПСКИЙ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Наиболее распространенным недостатком в практике назначения автотехнических экспертиз является неполнота и недоброкачественность материалов, представляемых для экспертного исследования. В большинстве случаев это объясняется неквалифицированным осмотром места ДТП и транспортных средств работниками соответствующих служб, упрощенным составлением первичных документов о ДТП (без должного внимания к следам и вещественным доказательствам).

Дорожно-транспортное происшествие скоротечно, оно развивается и заканчивается в течение нескольких секунд. Обстановка на месте ДТП не может сохраняться длительное время в связи с тем, что

проезжая часть должна быть по возможности быстрее освобождена от транспортных средств, а следы на месте происшествия быстро уничтожаются либо проходящим транспортом, либо в результате атмосферных воздействий. Не исключается возможность умышленного или случайного внесения изменений в дорожную обстановку.

Даже через непродолжительное время участники осмотра, не только наблюдавшие за расположением объектов на месте ДТП, но и те, которые производили непосредственно их фиксацию путем соответствующих измерений, не могут с достаточной степенью точности указать первоначальные места расположения объектов (транспортные средства, следы, осыпи и т. д.), которые они занимали во время осмотра. А неизбежные при повторных выходах на место происшествия ошибки, установлении места расположения тех или иных объектов могут привести к ошибочным выводам и о степени виновности участников ДТП [1].

Практика исследования многочисленных обстоятельств дорожно-транспортных происшествий экспертами-автотехниками показывает, что нередко кажущаяся очевидность виновности одного из участников ДТП, вывод о которой сделан лицом, производившим осмотр, после экспертного анализа с учетом мест расположения иных объектов, которые не были приняты во внимание лицом, производившим осмотр, может быть существенно скорректирован либо вообще измениться на противоположный. Поэтому следует принимать за правило, что на месте ДТП нет объектов главных и второстепенных, все объекты следует расценивать как главные, а истинная значимость их определяется при окончательном рассмотрении дела.

И, наконец, непременным условием, определяющим качество проведенного осмотра, является возможность полного моделирования (восстановления) обстановки места дорожно-транспортного происшествия, которая зафиксирована в протоколе осмотра и схеме к нему.

Следовательно, в расследовании ДТП определяющее значение имеет информация, которая фиксируется на месте происшествия, при осмотре ТС, проведении следственного эксперимента, так как даже самые подробные описания не всегда дают возможность правильно и полно оценить ситуацию [1].

Тактика фиксации объектов и следов на месте осмотра дорожно-транспортного происшествия предполагает собой выполнение целого комплекса действий, позволяющих получить объективную, полную и достоверную картину произошедшего на месте ДТП для последующего отражения полученной информации на схеме ДТП.

Для более точного воспроизведения дорожной обстановки применяют фотосъемку. Назначение фотофиксации заключается в том, чтобы существенно дополнить протокол осмотра [4], зафиксировав максимально полно криминалистически значимую информацию, обеспечить наглядное восприятие места ДТП, показав его в логической последовательности: от общего к частному и особенному.

При фотофиксации места ДТП используют, как правило, все четыре приема фотографирования [1]: ориентирующую, обзорную, узловую и детальную съемки. Каждый прием предназначен для решения специфических, узких задач по фиксации объектов на месте ДТП.

Особое значение при фиксации информации на месте ДТП имеет измерительная съемка – метод получения изображения, дающий возможность по фотоснимкам определить абсолютные размеры сфотографированных следов и объектов, а также расстояния между ними [3].

Хорошие результаты дает применение стереофотограмметрии, позволяющей воспроизводить в объемном (трехмерном) представлении всю дорожную обстановку в зоне ДТП, транспортные средства и их поврежденные участки. Качественная съемка не исключает необходимость предъявлять экспертам поврежденные автомобили, но существенно повышает точность и достоверность выводов, научный уровень экспертного исследования, сокращает его сроки.

В следственной практике стереофотография применяется редко из-за сложности оборудования для получения и просмотра снимков.

Широкое применение в различных сферах деятельности получили беспилотные летательные аппараты (БЛА). В последнее время появился опыт использования квадрокоптеров при осмотре мест дорожно-транспортных происшествий. Применение БЛА может быть не только дополнительным технико-криминалистическим средством фиксации места происшествия, но и самостоятельным [5]. Особенность фотосъемки с БЛА состоит в том, что появляется возможность использования новой «точки» опоры для съемки, позволяющей запечатлеть картину происшедшего события по вертикальному фронту и снизу вверх. Этот способ позволяет проводить фотофиксацию с точки, находящейся над местом ДТП, и фиксировать: положения объектов, ТС и их взаимное рас-

положение; образовавшиеся следы, неподвижные ориентиры, что очень важно для получения объективного ответа на вопрос о механизме происхождения ДТП.

Результаты проведенных экспериментальных исследований в реальных дорожных условиях показали возможности квадрокоптера выполнять все виды фотосъемки, применяемые при осмотре места происшествия: ориентирующую; обзорную; узловую [6].

Лазерное сканирование предоставляет сходное с фотографическим изображение, но представленное в трехмерном виде, с возможностью свободно менять ракурс и проводить точные измерения, предполагает полное покрытие съемкой всего места и всех объектов происшествия без пробелов, что позволяет реконструировать картину ДТП в любой момент и увеличить ин-формативность [2].

Преимущество метода наземного лазерного сканирования перед традиционными способами съемки состоит в быстрой трехмерной визуализации, высокой точности и полноте результатов. В то же время следует отметить и недостатки данного метода: высокая стоимость; отрицательные температуры, сильные осадки и ветер могут ухудшать результаты сканирования, создавая помехи в облаке точек [2].

Методу лазерного 3D-сканирования присущие проблемы, такие как невозможность просканировать объекты, не имеющие объема или малое его значение, а также высокую стоимость технических средств для обеспечения данного вида визуализации и отсутствие достаточного уровня подготовки сотрудников экспертно-криминилистических учреждений для работы с 3D-моделями. И тем не менее, несмотря на отмеченные недостатки, автор считает этот метод весьма перспективным [2].

Описанные выше современные методы и технические средства фото- и видеофиксации могут быть использованы для целей экспертизы ДТП при условии обеспечения требуемой точности.

Список литературы

1 **Скирковский, С. В.** Экспертиза дорожно-транспортных происшествий : учеб. пособие / С. В. Скирковский, Д. В. Капский. – Гомель : БелГУТ 2018.– 173 с.

2 **Думнов, С. Н.** К вопросу применения метода лазерного 3D-сканирования при производстве судебной автотехнической экспертизы / С. Н. Думнов // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. – 2019. – № 3(90). – С. 133–145.

3 **Корухов, Ю. Г.** Криминалистическая фотография и видеозапись для экспертов-автотехников : (практ. пособ.) / Ю. Г. Корухов, М. И. Замиховский. – М. : Изд. центр ИПК РФЦСЭ, 2006. – 73 с.

4 **Зубенко, Е. В.** Осмотр места дорожно-транспортного происшествия, сопряженного с оставлением потерпевшего в опасности: тактика проведения и перспективы использования инновационных технологий / Е. В. Зубенко, В. В. Гирийчук, И. В. Гунькин // Криминалистика: вчера, сегодня, завтра : сб. науч. тр. / Восточно-Сибирский институт МВД России. – Владивосток, 2015. – С. 94–106.

5 **Сретенцев, А. Н.** Некоторые аспекты использования современных технических средств фиксации при осмотре места дорожно-транспортного происшествия / А. Н. Сретенцев, Д. А. Бадиков // Среднерусский вестник общественных наук. – 2014. – № 4 (34). – С. 79–82.

6 **Волков, В. С.** Совершенствование экспертизы дорожно-транспортных происшествий с применением квадрокоптеров / В. С. Волков, Д. Ю. Кастырин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 4-1 (15-1). – С. 271–276.

УДК 656.21

РИСКИ НАРУШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ И РОЛЬ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ В ИХ СНИЖЕНИИ

М. Ю. СТРАДОМСКИЙ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В процессе функционирования объектов железнодорожной инфраструктуры могут возникать *риски* нарушения перевозочного процесса, в том числе связанные с обеспечением безопасности движения.

Согласно закону Республики Беларусь «О железнодорожном транспорте» [1], под *безопасностью движения и эксплуатации железнодорожного транспорта* понимается состояние защищенности процесса движения транспортных средств железнодорожного транспорта, состояние транспортных средств железнодорожного транспорта и инфраструктуры железнодорожного транспорта общего

пользования, а также железнодорожных путей необщего пользования, при которых отсутствует *недопустимый риск* возникновения транспортных происшествий и их последствий, влекущих за собой причинение вреда жизни или здоровью граждан, окружающей среде, имуществу юридических и физических лиц.

Понятие *допустимый риск* приведено в ТР ТС 003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» [2]: значение риска от применения объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта, исходя из технических и экономических возможностей владельца объектов инфраструктуры, соответствующего уровню безопасности, который должен обеспечиваться на всех стадиях жизненного цикла продукции.

Риски нарушения безопасности движения на железнодорожной станции могут возникать:

– на объектах железнодорожной инфраструктуры (железнодорожный путь, контактная сеть и т. д.);

– при эксплуатации подвижного состава (локомотивы, вагоны и т. д.);

– при производстве технологических процессов (ограждение подвижного состава, закрепление подвижного состава и т. д.);

– в процессе трудовой деятельности (ошибки работников, акты незаконного вмешательства и т. д.).

Нарушения безопасности движения связаны с возникновением отказов объектов инфраструктуры, подвижного состава, несоблюдением технических и технологических норм в перевозочном процессе и другими факторами, последствия которых могут быть разными: гибель и ранения людей; разрушение подвижного состава и железнодорожных путей; задержки в движении поездов и др.

В таких сложных системах, как железнодорожный транспорт, проявление большинства нежелательных событий не ограничиваются каким-либо одним видом риска. Одни и те же события могут приводить к любому сочетанию *индивидуального, социального, экологического, технического* и *экономического* рисков. Так, при крушении поездов могут пострадать персонал (индивидуальный риск), окружающее население (социальный риск), подвижной состав и железнодорожная инфраструктура (технический риск), имущество железной дороги и сторонних лиц (экономический риск), а также могут произойти загрязнение окружающей среды и возгорание лесов (экологический риск) [3].

Причинами возникновения рисков нарушения безопасности движения являются: недостаточный уровень профессиональной компетенции персонала, низкий уровень дисциплины, недостаточный контроль со стороны руководства, слабая материально-техническая база, износ техники, некачественное техническое обслуживание, плохое технологическое обеспечение работ, поставки недоброкачественной продукции при проведении обслуживания и ремонта, иные факторы.

Случаи отказов и нарушений в перевозочном процессе, особенно с тяжелыми последствиями, становятся предметом расследования. Анализируются причины отказов и нарушений, принимаются меры по недопущению таких событий в будущем, уточняются правила и нормативные документы, совершенствуются технические средства и технология их содержания, а также организация управления перевозками, т. е. на железнодорожном транспорте сложилась система реакций на нарушения и отказы в эксплуатационной работе, которая в процессе своего развития превратилась в *систему обеспечения безопасности движения* [4].

Важным элементом в системе обеспечения безопасности движения являются *управление безопасностью движения* – совокупность мер по внесению изменений в нормативные требования и организацию безопасности движения для достижения ее требуемого уровня. Управление безопасностью движения предполагает систему сбора данных, их анализ, поиск «слабых» мест и направленное воздействие с целью погашения негативных тенденций и развитие положительных факторов. Меры по снижению рисков нарушения безопасности движения должны приниматься для всех объектов железнодорожной станции, на которых могут возникать риски.

Для управления безопасностью движения и принятия мер снижения рисков необходимо контролировать параметры перевозочного процесса, анализировать полученную информацию, выявлять закономерности, тенденции, прогнозировать моменты перехода системы в предотказное состояние и на основе этой информации принимать *управленческие решения*.

В условиях развития систем принятия управленческих решений возникла необходимость внедрения цифровых систем в сфере учета нарушений и контроля состояния безопасности движения с учетом применения современных средств автоматизации, перспективных разработок в области транспортного менеджмента.

Система организации и проведения *комиссионных месячных осмотров технических устройств железнодорожных станций (КМО)* является одной из ключевых задач в системе снижения рисков нарушения перевозочного процесса, поэтому как в эксплуатационной науке, так и в производственном процессе этому вопросу уделяется широкое внимание учеными и ведущими специалистами отрасли.

С развитием информационно-управляющих систем и систем поддержки принятия управленческих решений на Белорусской железной дороге появились принципиально новые возможности в сфере реализации процессов КМО на станциях, связанные с качественно новым уровнем возможностей информационного обеспечения задач анализа и контроля состояния технических средств. Однако до настоящего времени не имелось научно обоснованной технологии реализации данного бизнес-процесса. Техническая, технологическая, математическая и информационная составляющие данной задачи не были обобщены и систематизированы.

Белорусским государственным университетом транспорта ведутся работы по разработке *автоматизированной системы оформления результатов комиссионных осмотров, определения мероприятий по устранению обнаруженных неисправностей и контроля за их исполнением (АС КМО)*. Данная автоматизированная система предназначена для автоматизации процессов мониторинга состояния технических средств станционного хозяйства Белорусской железной дороги на основе учета, системного анализа результатов периодических осмотров и контроля за устранением выявленных недостатков. Целью создания АС КМО является повышение качества контроля и обеспечение комплексного анализа результатов проведения КМО за счет интеграции и информатизации процессов проведения КМО.

С целью автоматизации учета нарушений безопасности движения в поездной и маневровой работе, отказов технических средств и иных происшествий на Белорусской железной дороге разработана *технология автоматизированного учета нарушений безопасности движения*. На базе этой технологии разработана *автоматизированная система учета нарушений безопасности движения, отказов технических средств, происшествий и случаев, связанных с перевозками опасных грузов (АС КБД)*.

АС КБД предназначена для формирования единой информационной базы о допущенных на Белорусской железной дороге случаях; осуществления автоматизированного учета случаев нарушений нормальной работы Белорусской железной дороги; контроля за устранением причин допущенных случаев и проведением расследования, реализацией принятых мер; ведения архива материалов расследования и причин допущенных случаев, формирования различных форм отчетности; информационного взаимодействия с другими автоматизированными системами, эксплуатирующимися на Белорусской железной дороге.

Таким образом, при возникновении отказов, сбоев происходят нарушения перевозочного процесса, которые приводят к эксплуатационному ущербу, простоям подвижного состава, ресурсным потерям, экономическому ущербу, человеческим потерям. Для уменьшения ущерба необходимо разработать *систему мониторинга состояния рисков* и интегрировать ее в состав существующей системы реакции на нарушения безопасности движения: перевозочный процесс → риски нарушения безопасности движения → нарушения перевозочного процесса → возникновение ущерба → обработка информации в цифровых системах о возникших нарушениях → принятие управленческих решений. Система мониторинга состояния рисков позволит принимать управленческие решения на различные периоды (долгосрочные, среднесрочные, краткосрочные) и обеспечить безопасное функционирование железнодорожного транспорта.

Список литературы

1 О железнодорожном транспорте : закон Республики Беларусь от 06.01.1999 № 237-З; в ред. от 17.07.2018. – № 134-З.

2 ТР ТС 003/2011 О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта : принят Решением Комиссии Таможенного союза от 15.07.2011 № 710.

3 **Розенбург, Е.** УРРАН оценит риски / Е. Розенбург // Пульт управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.pult.gudok.ru/archive/detail.php?ID=1256995. – Дата доступа : 03.10.2021.

4 **Пищик, Ф. П.** Безопасность движения на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / Ф. П. Пищик. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 269 с.

УДК 677.075.567

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ КАК ОСНОВА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В. Е. СЫЦКО
Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации, г. Гомель

Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2020–2025 годы планируется реализация проектов по освоению производства более 60 новых видов импортозамещающей продукции.

Перед отечественной промышленностью стоит проблема замены импортного полиакрилонитрильного (ПАН) волокна канекарон фирмы «Канегафучи» (Япония) или «Куртольз» (Англия), применяемого для производства искусственного трикотажного меха (ИТМ), на отечественные ПАН-волокна. Вырабатываемый сегодня ИТМ с применением отечественных ПАН-волокон уступает его импортному аналогу по качеству, поскольку имеет повышенную сминаемость, сваливание, значительную массу ворсового покрова, слабый блеск и туше.

Исследовались модифицированные ПАН-волокна типа М, С, Д и импортные ПАН-волокна (КСД, АНД-442 и др.).

Ставилась задача оценить уровень этих свойств у отечественных волокон и их аналогов зарубежного производства, используемых в производстве ИТМ.

ИК-спектроскопические исследования показали, что основные полосы поглощения в спектрах нитрона-М и канекарон определяются акрилонитрильными и винилхлоридными звеньями полимерной основы.

ИК-спектры нитрона-М по свойствам идентичны канекарону КСД-NB, отличаются от него меньшей интенсивностью полос поглощения в области 1239–1439 $см^{-1}$, которые соответствуют концевым группам – CH_3. В целом по качественному составу мономеров отечественные ПАН-волокна типа М практически подобны японским. Если волокна нитрон-М и канекарон КСД-ND можно рассматривать как химические аналоги, то волокна канекарон АДН и RFM отличаются от них по химическому составу [1, 2].

Помимо различий в химическом составе наблюдаются различия и в молекулярной массе сополимеров. Анализ рентгенограмм образцов нитрона, дралона и канекарона указывает на определенную упорядоченность макромолекул в волокнах в области 14-20, 2Θ°. Характер рентгенограмм идентичен для всех образцов [1, 2].

Оптико-микроскопические исследования показали, что ПАН-волокна разных типов отличаются по форме и структуре. Так, отечественные модакриловые волокна и канекарон имеют однотипную бобовидную форму поперечных срезов. Японские волокна КСД, АНД HS характеризуются более развитой поверхностью, сложной формой профиля. Профилированные волокна фирмы «Канегафучи» имеют ленточное сечение.

Данные дериватографического анализа волокон нитрона-М и канекарона разных типов показали, что импортные и отечественные волокна имеют некоторые различия по термостабильности [1, 4]. У японских волокон температура начала потери массы соответствует 205 °С, соответственно для дралона – 218–240 °С [6, 7].

Исследования физико-химических характеристик модакриловых волокон нитрона-М и канекарона показали, что удельная разрывная нагрузка волокон практически всех типов и линейной плотностей составляет 160–240 мН/текс, а относительное удлинение при разрыве – 30–40 % [2, 3].

Анализ данных свидетельствует, что величины показателей извитости высоко- и малоусадочных волокон нитрон-М линейной плотности 0,33–0,56 текс независимо от типа и цвета волокна практически идентичны: количество извитков – 3,5–4,5 см; степень извитости – 25–30 %; устойчивость извитости – 65–70 %.

Волокна среднеусадочного типа НИВ имеют стабильную устойчивость извитости. Для волокон канекарон в зависимости от типа волокна наблюдается следующая тенденция устойчивости извитости: RBM ≥ PFM ≥RLM независимо от количества извитков и степени извитости [5, 6].

Волокна матированные различных цветов характеризуются меньшей устойчивостью извитости (на уровне 55–56 %).

Установлен температурный интервал, в котором волокна самопроизвольно удлиняются и разрушаются [2]. Для нитрона линейной плотности 0,33 и 0,38 текс он находится в пределах 107–130°С, дралона

линейной плотности 0,37 текс – 140–200 °С, нитрона линейной плотности 1,8 текс – 126–150 °С, нитрона-М линейной плотности 1,8 текс 140–163 °С, дралона линейной плотности 1,7 текс – 150–166 °С, канекарона линейной плотности 3,3 текс – 154–182 °С и волокна ATF – 154–200 °С [1].

Благодаря совместной работе ученых, производителей волокна и изготовителей меха в последнее время разработаны и внедрены в производство новые модификации нитрона [1–3]. Базовым из ПАН-волокон является волокно нитрон типа С и Д производства ОАО «Полимир» (г. Новополоцк) линейной плотностью 0,33 и 0,56 текс соответственно.

Получен новый тип нитрона повышенной огнестойкости за счет добавления винилхлорида в полимер. Повышена огнестойкость изделий, выработанных из данного волокна [5].

Изменена форма сечения волокна и получено профилированное волокно ленточного сечения, что дало возможность значительно улучшить рассыпчатость ворса и позволило широко использовать данное волокно в длинноворсовых структурах меха.

Расширен ассортимент волокна нитрон по линейным плотностям. Так, освоен выпуск и использование волокна линейной плотности 0,8 текс; 1,7 текс. В зависимости от назначения для коротковорсового меха используется длина резки 32–33 мм, для длинноворсового – 64, 108, 128 мм.

Если ранее смеси для ворса меха использовалось до 40–50 % грубых волокон линейной плотности 25–30 de текс, то в настоящее время используется 1,5–2,2 de текс, что придает ворсу мягкий, подобный натуральному меху гриф, шелковистость, а также снижает поверхностную плотность 1 м^2 полотна [7].

Для придания структурам меха заполненности и повышения показателей огнестойкости используются смеси полиакрилонитрильных волокон и полиэфирного волокна лавсан, которые используются в мехе различного назначения (для верхней одежды, декоративных изделий).

Освоена методика крашения ПАН-волокон в различные цвета и получение широкой колористической гаммы.

Освоен выпуск усадочного волокна с уровнем усадки 35–40 %.

Освоен выпуск волокна линейной плотностью 0,17 текс.

Внедрение в производство отечественных модакриловых ПАН-волокон М, С, Д вместо импортных позволило получить ОАО «Белфа» значительный экономический эффект [8].

Список литературы

1 **Сыцко, В. Е.** Влияние модификаторов на структуру и свойства волокон из полиакрилонитрила / В. Е. Сыцко // Известия АН БССР. Сер. Химические науки. – 1985. – № 5. – С. 79–81.

2 **Сыцко, В. Е.** Исследование изменения структуры различных видов полиакрилонитрильных волокон в зависимости от состава и технологических взаимодействий / В. Е. Сыцко. – М., 1991. – Деп. в ВИНИТИ 18.02.91 № 256 ; материал: 19, 1991, № 0055696.

3 **Сыцко, В. Е.** Новые модакриловые волокна для производства искусственного трикотажного меха / В. Е. Сыцко // Тематический сб. науч. трудов Экономической академии им. Оскара Ланге, Вроцлав, 0324-8445. – 1990. – № 528. – С. 67–70.

4 **Sytsko, V. E.** Methods of forecasting the quality and competiveness in nonfoods / V. E. Sytsko // 16th GWT symposium Suwon, Korea. – 2008. – P. 617–620.

5 **Lange, W.** Beclimann Kunstoffe / W. Lange. – 1963. – Bd. 53. – No. 11. – P. 843–844.

6 **Перепелкин, К. Е.** Структура и свойства волокон / К. Е. Перепелкин. – М. : Химия, 1985. – 207 с.

7 Управление качеством : учеб.-метод. пособие / В. Е. Сыцко [и др.] ; под общ. ред. В. Е. Сыцко. – Минск : Выш. шк., 2008. – 192 с.

8 **Сыцко, В. Е.** Разработка методики оценки конкурентоспособности и безопасности продукции / В. Е. Сыцко // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2021. – № 1 (42). – С. 102–106.

UDC 656.2.004

INFORMATION SUPPORT FOR OPERATIONAL MANAGEMENT TECHNOLOGY OF RAILWAY LOCAL WORK

O. A. TERESHCHENKO
Belarusian State University of Transport, Gomel

In order to achieve a new level of digitalization for transportation processes and to ensure an implementation of intelligent transportation management system, it is necessary to develop special information models of the railway local work that will provide:

– a high level of detail in the transport technology, which will make it possible to predict scenarios of transportation processes;

– a unified process-object method for displaying conditions of transportation processes;

– an information displaying for performing transport operations in real time;

– uniform sources of information for each type of source data;

– an internal consistency and an unambiguous interpretation of output information.

In such conditions, improving a controllability of transportation processes can be carried out by:

– development of forecasting algorithms for a time of freight trains arrival to technical stations;

– development of forecasting algorithms for a completion time of freight operations with carriages;

– creation of a dynamic model, which will allow simulating transportation processes in real time and obtaining more detailed and accurate results for operational planning;

– accurate dynamic positioning of rolling stock on the railway infrastructure in real time.

All of the above tasks are proposed to be combined in a dynamic model of the railway local work. It is developed as a result of research, and it makes it possible to apply a new method to manage railway local work.

Objects of the dynamic model are infrastructure (railway lines, stations and their subsystems) and dynamic units (rolling stock, cargo, auxiliary facilities). The dynamic model includes modules. Each of them is a system of parallel processes for technological operations and operational control functions. As well in the proposed dynamic model main processes have probabilistic characteristics. It allows to take into account an influence of random factors and calculate risks for the transportation processes.

To successfully solve the research problem, it is necessary to use advantages of GPS and digital infrastructure. This will allow:

– to perform automatic registration of technological process events;

– to transfer information to the dynamic model with reference to infrastructure facilities in real time;

– to ensure a complete maintenance of detailed carriage and locomotive models of the railway local work in real time.

Geolocation is proposed to be carried out only for traction rolling stock. Positioning results must be compared with data from analytical information systems and microprocessor-based centralization complexes. This will allow determining the location of carriages without equipping them with GPS trackers.

As a result, the introduction of the developed technology will make it possible to organize more effective management of the railway local work.

To use the dynamic model has been developed a special scientific method. Unlike existing methods, it takes into account:

– the actual technical and technological state of control objects in real time;

– stochastic components of the planning and control processes, which are contained in the initial data and in external influences; they are taken into account due to dynamic corrections in the algorithms of the applied forecast model.

Application of the proposed methodology allows for the first time to identify and provide a numerical assessment of technological risks arising in the local operation of railways. The methodology proposes approaches to their elimination through the use of regulatory measures.

The report also provides practical experience in the application of scientific developments in the field of research at railway transport facilities.

УДК 656.223

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКОМОТИВОВ К ИЗМЕНЕНИЯМ СТРУКТУРЫ И РАЗМЕРОВ ГРУЗОПОТОКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПОЛИГОНЕ

Е. А. ФЁДОРОВ, О. А. ТЕРЕЩЕНКО, А. А. СТРАДОМСКАЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. В. ЛАВИЦКИЙ
Белорусская железная дорога, г. Минск

В связи с изменением структуры грузопотока и поездопотока на объектах инфраструктуры Белорусской железной дороги наблюдается перераспределение транспортной нагрузки, в том числе за

счет интенсификации движения длинносоставных грузовых (прирост среднего состава грузового поезда до 5 %) и легковесных контейнерных поездов. Например, происходит перераспределение потоков с портов, расположенных в Балтийском регионе, на порты Российской Федерации. Параллельно с этим происходит обновление парка локомотивов (расширение используемых типов тягового подвижного состава в грузовом движении), а также увеличение полигона электровозной тяги (электрификация грузонапряженных направлений). Все эти изменения выработки нового подхода к определению величины потребного парка эксплуатируемых локомотивов с учетом особенностей полигона Белорусской железной дороги.

В рамках научно-исследовательской работы предложена методика корректировки потребного эксплуатируемого парка и среднесуточной производительности поездных локомотивов грузового движения в зависимости от складывающейся структуры вагонопотоков и грузопотоков. Она устанавливает порядок расчета потребного эксплуатируемого парка и производительности локомотива грузового движения в периоде планирования при возникновении необходимости в их текущей корректировке в результате значимого изменения структуры транспортного потока.

При изменении структуры вагонопотока $n(t)$ и грузопотока $g(t)$ изменение потребного эксплуатируемого парка поездных локомотивов грузового движения определяется на основе выражения [1]:

$$M_{\text{э}} = \frac{b_j \sum Pl^{\text{пл}}_{\text{бр}\,j}(1+\beta^{\text{пл}}_{\text{всп}})}{\text{ДQ}^{\text{пл}}_{\text{бр}\,j} S_{\text{л}\,j}^{\text{пл}}}, \quad (1)$$

где b_j – коэффициент, учитывающий кратность тяги на j-м участке $(b_j \geq 1)$; $\sum Pl^{\text{пл}}_{\text{б}\,j}$ – грузооборот брутто на j-м участке обращения на плановый период, т·км брутто; $Q^{\text{пл}}_{\text{бр}\,j}$ – средний вес поезда брутто на j-м участке обращения, т; $S_{\text{л}\,j}^{\text{пл}}$ – среднесуточный пробег локомотива на плановый период на i-м железнодорожном участке (участке работы локомотивных бригад), км; $\beta^{\text{пл}}_{\text{всп}\,j}$ – коэффициент соотношения вспомогательного пробега локомотивов к общему на j-м участке обращения в плановом периоде.

Среднесуточная производительность локомотивов грузового движения рассчитывается через тонно-километры брутто перевозочной работы на j-м участке обращения, приходящиеся на один локомотив эксплуатируемого парка грузового движения [1]:

$$W^{\text{пл}} = \frac{Q^{\text{пл}}_{\text{бр}\,j} S^{\text{пл}}_{\text{л}\,j}}{1+\beta^{\text{пл}}_{\text{всп}\,j}}, \quad (2)$$

где $Q^{\text{пл}}_{\text{бр}\,j}$ – средний вес поезда брутто на j-м участке обращения, т; $S^{\text{пл}}_{\text{л}\,j}$ – среднесуточный пробег локомотива на i-м железнодорожном участке (участке работы локомотивных бригад), км; $\beta^{\text{пл}}_{\text{всп}\,j}$ – коэффициент соотношения вспомогательного пробега локомотивов к общему на j-м участке обращения в плановом периоде.

С позиции влияния структуры вагонопотока $n(t)$ и грузопотока $g(t)$ значимым параметром в формуле (1) является средний вес поезда брутто $Q^{\text{пл}}_{\text{бр}\,j}$, который определяется

$$Q^{\text{пл}}_{\text{бр}\,j} = Q^{\text{вып}}_{\text{бр}\,j} \frac{\sum Pl^{\text{пл}}_{\text{нетто}}}{\sum Pl^{\text{вып}}_{\text{нетто}}} \cdot \frac{\sum nS^{\text{вып}}_{\text{гр}}}{\sum nS^{\text{пл}}_{\text{гр}}} \cdot \frac{q^{\text{вып}}_{\text{ст}}\left(\frac{\alpha^{\text{вып}}_{\text{пор}}}{1+\alpha^{\text{вып}}_{\text{пор}}}\right)\left(q^{\text{пл}}_{\text{ст}} + q^{\text{пл}}_{\text{т}}\left(\frac{\alpha^{\text{пл}}_{\text{пор}}}{1+\alpha^{\text{пл}}_{\text{пор}}}\right)\right.}{q^{\text{пл}}_{\text{ст}}\left(\frac{\alpha^{\text{пл}}_{\text{пор}}}{1+\alpha^{\text{пл}}_{\text{пор}}}\right)\left(q^{\text{вып}}_{\text{ст}} + q^{\text{вып}}_{\text{т}}\left(\frac{\alpha^{\text{вып}}_{\text{пор}}}{1+\alpha^{\text{вып}}_{\text{пор}}}\right)\right.}, \quad (3)$$

где $Q^{\text{вып}}_{\text{бр}\,j}$ – средний вес поезда брутто на j-м участке обращения за отчетный период, т; $\sum Pl^{\text{пл}}_{\text{нетто}}$ – грузооборот нетто на j-м участке обращения в плановом периоде, т·км нетто; $\sum Pl^{\text{вып}}_{\text{нетто}}$ – грузооборот нетто на j-м участке обращения в отчетном периоде, т·км нетто; $\sum nS^{\text{вып}}_{\text{гр}}$ – пробег груженых вагонов в отчетном периоде, вагоно-километров; $\sum nS^{\text{пл}}_{\text{гр}}$ – пробег груженых вагонов на плановый

период, вагоно-километров; $q_{ст}^{вып}$ – исполненная статическая нагрузка вагона рабочего парка, т; $q_{ст}^{пл}$ – плановая (ожидаемая) статическая нагрузка вагона рабочего парка, т; $q_{т}^{пл}$ – плановая масса тары вагона, т; $q_{т}^{вып}$ – исполненная масса тары вагона, т; $\alpha_{пор}^{пл}$ – коэффициент порожнего пробега вагонов в плановом периоде; $\alpha_{пор}^{вып}$ – коэффициент порожнего пробега вагонов в отчетном периоде.

Полученные в результате проведенных исследований аналитические выражения (1)–(3) необходимым образом детализированы и содержат потребный набор параметров для проведения оценки влияния складывающейся структуры вагонопотока и грузопотока на эксплуатируемый парк локомотивов и их среднесуточную производительность. Применение методики позволит повысить уровень достоверности при планировании тяговых ресурсов в поездной работе.

Список литературы

1 Методика расчета потребного парка поездных локомотивов в грузовом сообщении : утв. приказом заместителя начальника Белорусской железной дороги, 13 окт. 2017, № 1027НЗ.

2 Определение направлений развития Белорусской железной дороги и реализации инфраструктурных проектов для освоения перспективных объемов перевозок : отчет о НИР (заключ.) / Бел. гос. ун-т трансп. ; рук. О. Н. Лисогурский. – Гомель, 2020. – 191 с.

УДК: 658.53: 656.2

ИДЕНТИФИКАЦИЯ РИСКОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА

Е. А. ФЁДОРОВ, О. Н. ЛИСОГУРСКИЙ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. Б. МАКРИДЕНКО, К. И. ГЕДРИС
Белорусская железная дорога, г. Минск

С начала XXI века в управлении организациями преобладают два подхода: функциональный и процессный.

Функциональный подход предполагает деление процесса производства на отдельные операции (функции) и создание отдельных подразделений для каждой из функций. Достоинствами такого подхода являются: специализация подразделений и строго выраженная вертикальная подчиненность, как следствие – достаточно понятная система управления, где нижние уровни подчиняются находящимся выше. Одним из главных недостатков организаций, применяющих функциональный подход, является система планирования, которая задает отдельные планы каждому функциональному подразделению, в результате чего плановые нормы часто оказываются не связанными между собой, происходит перекос в планировании и возникают ситуации, когда отдельные подразделения выполняют поставленные показатели, а организация в целом – нет.

При процессном подходе каждый вид деятельности организации рассматривается как процесс преобразования начальных ресурсов в конечный результат, то есть в ходе выполнения процесса (называемого бизнес-процессом) задействуются все функциональные подразделения, участвующие в таком преобразовании. Тогда вся деятельность организации может быть представлена в виде совокупности конечного числа бизнес-процессов, поэтому управление процессами позволяет концентрироваться не на работе каждого из подразделений, а на результатах работы организации в целом.

Любой бизнес-процесс, в свою очередь, можно представить в виде последовательных действий, которые направлены на достижение установленного заранее результата. Поэтому, процессный подход к управлению делает организацию нацеленной на единый конечный результат.

Процессный подход позволяет сменить систему управления деятельностью организации – происходит переход с вертикальной ориентации (отношений «руководитель – подчиненный») на горизонтальную (отношения «владелец процесса – исполнитель»).

Еще одним преимуществом процессного подхода является то, что каждый сотрудник не только четко знает, какую работу ему нужно выполнить, но и весь бизнес-процесс, часть операций которого он выполняет, тем самым он имеет точные представления о желаемом результате. Это приводит к тому, что подразделения и сотрудники, задействованные в одном процессе, могут самостоятельно координировать работу в рамках процесса и решать возникающие проблемы без участия вышестоящего руководства. Процессный подход к управлению позволяет более оперативно решать возникающие вопросы и воздействовать на результат.

Таким образом, для обеспечения конкурентоспособности организации процессное и функциональное управление должны сосуществовать в ней, взаимно усиливая и дополняя друг друга: функциональное управление гарантирует создание и развитие большого количества функциональных компетенций, которые требуются для создания продукции и услуг, а процессное управление обеспечивает координацию работ между подразделениями для достижения максимальной производительности и эффективности.

Железнодорожный транспорт оказывает услуги по перевозке грузов и пассажиров, предоставлению услуг инфраструктуры и т. д. Каждая из услуг может быть рассмотрена как совокупность бизнес-процессов (на уровне всей организации называемыми «сквозными бизнес-процессами»), имеющих четко определенные входы, выходы, управляющие воздействия и результат. Особенностью процессного подхода является его масштабируемость – сквозной бизнес-процесс всей организации состоит из отдельных бизнес-процессов, описываемых для организации, подразделения, конкретной должности. Это позволяет выделить и описать бизнес-процессы на уровне всей железной дороги, станций, подразделений.

На Белорусской железной дороге начато внедрение процессного подхода в управлении техническими станциями, для которых можно выделить три группы бизнес-процессов:

1) *управляющие процессы*: стратегическое планирование работы станции; оперативное планирование работы; планирование развития инфраструктуры;

2) *основные процессы*: организация грузовой работы на станции; переработка грузовых вагоно- и поездопотоков; переработка пассажирских поездопотоков; предоставление услуг инфраструктуры станции;

3) *вспомогательные процессы*: содержание и эксплуатация инфраструктуры; предоставление услуг локомотивной тяги (в пассажирском и грузовом движении); ремонт подвижного состава; содержание социальной сферы; управление финансами; другие виды деятельности.

Описание каждого бизнес-процесса (в соответствии с методологиями описания бизнес-процессов) производится в следующем порядке:

1) составление карты процесса и диаграммы окружения – определяются входы, выходы, ресурсы, участники процесса, основные результаты и риски;

2) подробное описание бизнес-процесса, деление на подпроцессы – производится детализация бизнес-процесса, составляется карта процесса (его паспорт) и дерево подпроцессов;

3) разработка карты сценариев – для различных состояний системы и входов определяются возможные сценарии развития процесса;

4) описание сценария бизнес-процесса – сценарий развития бизнес-процесса описывается в виде цепочки событий (с учетом их вариантности) для каждой стадии (шага) реализации бизнес-процесса (например, в виде диаграммы eEPC);

5) табличное описание цепочки событий – определение для каждого шага цепочки событий входов, выходов, ресурсов и рисков (например, в виде диаграммы PCD);

6) распределение ответственности – устанавливается ответственный и исполнитель для каждого шага процесса;

7) оценка сценария бизнес-процесса – производится по трем направлениям: разработка показателей эффективности бизнес-процесса; оценка потребных ресурсов и оценка рисков бизнес-процесса.

Одной из целей внедрения процессного подхода в технологию управления железнодорожными станциями являлось выделение возможных рисков, их оценка и разработка системы управления рисками (на основе стандартов ISO 9000 и ISO 31000). Для железнодорожных станций можно выделить следующие группы рисков, относящихся к эксплуатационной работе:

– природные риски – неблагоприятные погодные условия и явления, создающие угрозу нормальному функционированию подсистем станции;

– технические риски – отказ устройств СЦБ и связи, отказы устройств расформирования-формирования; отказы локомотивов, вагонов;

– технологические риски – неготовность маршрутов приема и отправления; занятость путей; отсутствие бригад ПТО, ПКО; несоответствие вагонов и документов;

– человеческие риски – ошибки при приготовлении маршрутов, нарушение безопасности движения поездов и техники безопасности; нарушение технологии работы с грузами, вагонами и документами.

На каждом шаге событийной цепочки описания бизнес-процесса определяются риски в соответствии с представленной классификацией. Для риска должно быть приведено его описание, определена вероятность возникновения, оценка влияния на бизнес-процесс, методы снижения или устранения риска.

Таким образом, внедрение процессного подхода позволяет повысить управляемость перевозочного процесса за счет единого руководства на всех этапах бизнес-процесса и повысить безопасность перевозок за счет идентификации рисков и методов снижения их влияния.

УДК 656.212.001.2

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СТРЕЛОЧНЫХ ГОРЛОВИН УЛУЧШЕННЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ

Е. А. ФИЛАТОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Под стрелочной горловиной понимается структурный элемент железнодорожной станции, который обеспечивает технологическую связь отдельных её подсистем и парков путей между собой, а также с примыкающими к ней участками.То есть горловина является важнейшим структурным элементом, обеспечивающим операции по приему, отправлению, пропуску поездов, атакже большинство маневровых передвижений. На схеместрелочная горловинапредставляет собойгруппу стрелочных переводов, соединяющих пути и парки между собой, а также с главными, вытяжным, ходовыми и другими путями.

Исходя из важной роли горловин к ним предъявляются особые эксплуатационные требования по обеспечению безопасности движения поездов и маневровой работы,пропускной способности,компактности размещенияпри обеспечении необходимых технологических связей и минимальномколичестве стрелочных переводов, особенно на главных путях.

Эволюция железнодорожного транспорта сопровождалась концентрацией основных операций на крупных железнодорожных станциях, что приводило к увеличению количества путей в парках таких станций. Этот процесс конечно же сказался и на эволюции стрелочных горловин. Применяемые в их конструкции стрелочные улицы обеспечивали увязку большего количества путей. Для сокращения их длины конструкции стрелочных улиц стали усложняться и прошли путь от простейших, с применением обыкновенных стрелочных переводов, до сокращенных, комбинированных и пучкообразных, с применением симметричных стрелочных переводов марки 1/6. При этом величины применяемых прямых вставок и радиусов кривых также сократились до минимальных величин. Это повысило эффективность использования длины станционной площадки, но привело к увеличению количества кривых в 2–4 раза, в том числе s-образных кривых в 5–13 раз.

Одновременно шла модернизация вагонного парка, которая привела к значительному увеличению длины грузовых вагонов. Наложение описанных выше тенденций привело к снижению технической совместимости стрелочных горловин и подвижного состава увеличенных размеров. Диспропорция ограничений параметров стрелочных горловин зафиксирована в нормах проектирования путевого развития и подвижного состава. Поэтому потребовалась разработка специальных требований к проектированию стрелочных горловин, учитывающих особенности взаимодействия подвижного состава и путевого развития при маневровой работе.

Анализ схем стрелочных горловин позволил впервые выделить в отдельную категорию конструкции, образованные сочетанием стрелочных переводов и закрестовинных кривых. Поэтому разработка

требований к проектированию путевого развития, обеспечивающих безопасность и эффективность маневровой работы с расчетными вагонами (таблица 1) выполнялась по трем основным позициям (криволинейные участки пути, стрелочные переводы, схемы взаимного размещения переводов между собой и в паре с кривой), объединяющим 19 конструкций.

Таблица 1 – **Требования к проектированию путевого развития железнодорожных станций, обеспечивающих безопасность и эффективность маневров с подвижным составом**

№ схемы	Описание схемы (действующие ограничения)		Параметры схем путевого развития, обеспечивающие безопасность маневров с вагонами расчетных групп, м	
			массовых (ВМТ)	увеличенных размеров (ВУР)
1	***Криволинейные участки пути***			
1.1	Круговые кривые (R = 200; 180 м)		R_{min} = 170 $l_{кр}$>$l_{ваг}$; $l_{кр}^{R180}$ не огран. ($l_{кр}^{R140}$ <10,4)	R_{min} = 200; $l_{кр}^{R180}$ < 14,1 ($l_{кр}^{R140}$ < 9,4)
1.2	*S*-образные кривые без вставки (R = 200; 250 м)		R_{min} = 390, $l_{кр}$ не огран.; $l_{кр}^{R200/250/300}$ = 6,25/7,7/9,5	R_{min} = 450, $l_{кр}$ не огран.; $l_{кр}^{R200/250/300}$ = 6/7,4/8,9
			$l_{кр}^{max} = e^{0,947947+0,00435352\ R}$, RЄ[140; 385]	$l_{кр}^{max} = e^{1,00537+0,00389576\ R}$, RЄ[140; 448]
1.3	*S*-образные кривые с прямой вставкой (R = 200 м, d = 15 м)		$R_{d4,5/6,25/12,5/15}$ = 345/253/184/171	$R_{d4,5/6,25/12,5/15}$ = 408/303/226/207
			$d_{R180/200/250}$ = 13,2/10,6/6,5	$d_{R180/200/250}$ = не обесп./16,3/10,1
			$l_{кр(R200)}^{d\,4,5/6,25/1\,2,5/15}$ = 5,3/7,68/не огран.; $l_{кр(R250)}^{d\,4,5/6,25/1\,2,5/15}$ = 7/11,48/не огран.	$l_{кр(R200)}^{d\,4,5/6,25/1\,2,5/15}$ = 5/6,84/10,96/14,52; $l_{кр(R250)}^{d\,4,5/6,25/1\,2,5/15}$ = 6,48/9,38/ не огран.
2	***Расположение стрелочных переводов***			
2.1	Одиночный стрелочный перевод (прямой участок, k)		Не ограничивается	Не ограничивается
2.2	Встречная разносторонняя укладка обыкновенных стрелочных переводов (схема № 1)			
2.2.1	1/11 (d = 0…12,5)		d не ограничивается	d_{min}= 1
2.2.2	1/9 (d = 0…12,5)			d_{min}= 2,7
2.3, 2.4	Встречная односторонняя и попутная разносторонняя укладки обыкновенных стрелочных переводов (схемы № 2 и 3)			
	1/11, 1/9 (d = 0…12,5)		d не ограничивается	d не ограничивается
2.5	Схемы укладки № 4 и 5 (модификации)			
2.5.1	1/11 (d = 4,5…12,5)		d не ограничивается	d не ограничивается
2.5.2	1/9 (d = 4,5…12,5)			$d_{min№4}$= 7,8;$d_{min№5}$= 7,4
2.6	Встречное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6			
2.6.1	1/6 (d = 5,26)		d_{min}= 9,5	d_{min}= 14
2.6.2	1/6 – 1/9 (d = 5,26)		d_{min}^{P50} = 4; d_{min}^{P65} = 5,5	d_{min}^{P50} = 9; d_{min}^{P65} = 10,5
2.7	Попутное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6			
2.7.1	1/6ПОП (d = 4,5; 6,25; 7,46)		d_{min}= 5,1	d_{min}= 9,5
2.7.2	1/6Р50 (d = 6,45) 1/6Р65 (d = 6,34)		d_{min}= 7,7 d_{min}= 7,8	d_{min}= 12,1 d_{min}= 12,2
2.7.3	1/9 – 1/6 (Р50, d = 4,5) 1/9 – 1/6 (Р65, d = 4,5)		d_{min}= 5 d_{min}= 6,4	d_{min}= 9,5 d_{min}= 10,9
Схема № 4 (навстречу торцами крестовин)				
2.8	1/6 – 1/6 (d = 4,5)		d_{min}= 6,1	d_{min}= 10,5
3	***Взаимное расположение стрелочных переводов и кривых (s-образное расположение)***			
3.1	Без вставки	1/11	R_{min} = 240	R_{min} = 330
		1/9	d_{min} = 1,3 при R = 500	d_{min} = 1,5 при R = 1430
		1/6	d_{min} = 3 при R = 530	d_{min} = 3 при R = 1330
3.2	С прямой вставкой	1/11	d_{P300} не огран.	d_{P300}= 12,42 (e_{min} = 4,7)
			$R_{min} = 237,31 - 20,4274\sqrt{d}$, dЄ[0; 10]	$R_{min} = 322,508 - 39,9704\sqrt{d}$, dЄ[0; 12,7]
		1/9	d_{P200} = 6,71	d_{P200}= 12,5 (e_{min} = 4,4)
			d_{P300} = 4,48	d_{P300}= 10,12 (e = 4,1)
			$R_{min} = 736,841 - 205,626\sqrt{d}$, dЄ[1,3; 7,4]	$R_{min} = 2140,63 - 574,356\sqrt{d}$, dЄ[1,5; 11,7]
		1/6	d_{P200}= 8,75 (e_{min} = 4,8)	d_{P200}= 13,85 (e_{min} = 5,6)
			d_{P300}= 6,55 (e_{min} = 5,1)	d_{P300}= 11,55 (e_{min} = 5,9)
			$R_{МТ} = 878,632 - 310,35\ln d$, dЄ[3; 9,5]	$R_{УР} = 2237,34 - 780,662\ln d$, dЄ[3; 13,9]

Анализ параметров горочных горловин станций Белорусской железной дороги на соответствие разработанным требованиям показал, что наибольшая концентрация критических условий взаимодействия на станциях наблюдается в горловинах, запроектированных с применением симметричных стрелочных переводов марки 1/6 (Брест-Восточный, Новополоцк, Барбаров, Гомель, Минск, Витебск и др.). Здесь значительно выше риски нарушения безопасности маневровой работы. При этом отклонения от предлагаемых величин прямых вставок между стрелочными переводами для ВМТ часто не превышают 1–1,5 м, а для ВУР разница составляет более 6 м.

В то же время ряд сортировочных горок(Жлобин, Лида, Волковыск и др.), построенных с применением марок переводов 1/9 и 1/11, практически полностью соответствуют предлагаемымтребованиям (до 90 % путей обеспечивают безопасность маневров с ВМТ и ВУР).

Полученные ограничения снижают неопределенность при проектировании железнодорожных станций в части применения трудных и особо трудных условий проектирования, а такжепозволяют повысить безопасность и качество эксплуатационной работы за счет гарантированного обеспечения технической совместимости схем путевого развития и подвижного состава. Устраняется риск несцепления подвижного состава при маневрах, ликвидируются непредвиденные задержки в работе, облегчается труд причастных работников, снижается износ элементов подвижного состава и путевого развития, уменьшается шумовое воздействие в зоне маневров.

УДК 05.22.08

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

А. В. ФИЛИПКОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

На сегодняшний день в ОАО «РЖД» наблюдаются затруднения, связанные с невозможностью организации ритмичного и стабильного продвижения вагонопотока. Данные затруднения негативно сказываются как на социальных, так и на экономических аспектах деятельности ОАО «РЖД» как гаранта транспортной и экономической безопасности Российской Федерации, в том числе на мировой арене.

Можно выделить две основные проблемы в организации и управлении вагонопотоком.

Организационный уровень – отсутствие адаптивного плана формирования. Эффективность и качество работы ОАО «РЖД», в частности Дирекции управления движением, традиционно оценивается по выполнению эксплуатационных показателей, а также плана формирования поездов. Принято считать, что выполнение графика движения и плана формирования поездов – есть получение максимальной прибыли ОАО «РЖД». На сегодняшний день план формирования поездов рассчитывается на основании единственного критерия эффективности – минимального количества вагоночасов накопления и переработки. Его стоимость определяется по формуле

$$C = \sum_{i,j=1}^{N} \{[cm]_{ij} + T_{ij}^{эк}\},$$

где N_{ij} – вагонопоток; i – номер станции зарождения потока; j – номер станции погашения потока; c – параметр накопления; m – состав поезда; $T_{эк}$ – экономия от проследования через станцию i без переработки.

Изложенная задача в математическом плане представляет собой однокритериальную задачу линейного программирования. Однако с существующим критерием оптимизации непосредственно связана небольшая доля всех эксплуатационных расходов и затрат на основные производственные фонды [4]. Кроме того, система технического нормирования существенно отстала от реалий сегодняшнего дня. В современных условиях приоритетами являются такие показатели, как сокращение сроков доставки грузов, обеспечение качества перевозочных услуг и снижение их себестоимости – так называемая клиентоориентированность, которая в совершенно другом ключе должна учитываться при расчете плана формирования поездов.

Постановка и решение исследуемой задачи как многокритериальной, учитывающей интересы всех участников перевозочного процесса при неукоснительном соблюдении безопасности позволит полнее охватить различные аспекты организации движения. Предлагается назначить следующие критерии, по которым будет определяться эффективность того или иного варианта организации вагонопотоков:

1) вагонокилометры – характеризует рациональность направления следования вагонопотоков и способствует сокращению кружности для полигонов с разными направлениями движения;

2) эксплуатационные затраты – учитывает стоимость всех технологических операций для доставки вагона грузополучателю;

3) срок доставки груза – уменьшает штрафные выплаты за несвоевременную доставку грузов, формирует лояльность грузоотправителей;

4) ограничения пропускной способности на момент расчёта – учитывает наличие отказов технических средств, технологические нарушения, ремонтные работы;

5) приоритетность пропуска – учитывает съём ниток ввиду наличия поездов более высокой приоритетности как коммерческой («выкупленная нитка графика»), так и социальной (пассажирские/пригородные поезда, воинские перевозки и прочее).

При этом следует полагать, что пункт 5 является ограничением.

Управленческий уровень – отсутствие гибкого графика движения поездов.

Первым приближением к переходу к «гибкому» графику движения поездов можно считать внедрение АПК «Эльбрус», основными задачами которого является организация поездной работы на полигоне за счёт сквозного планирования ремонта инфраструктуры, снижение затрат электроэнергии на тягу поездов за счёт движения поездов по энергоэффективным ниткам графика.

Однако эксплуатация АПК «Эльбрус» показала, что улучшений в организации работы за счёт его использования не происходит по следующим причинам:

– «окна» планируются на основании согласованных заявок, а не рационального полигонного продвижения вагонопотока, «четная технология» одной дороги планируется одновременно с «нечётной технологией» другой дороги;

– не учитываются или учитываются некорректно: пропускная способность станций (на станцию заходит большее количество поездов, чем имеется приемо-отправочных путей); время на выполнение технологических операций с поездом; вместимость приемо-отправочных путей станций, в том числе для обгонов и скрещений; наличие локомотивов и бригад; отказы технических средств и технологические нарушения;

– эффективность работы по-прежнему оценивается по выполнению качественных и количественных показателей;

– премирование дежурно-диспетчерского аппарата никак не увязано с выполнением вариантного графика АПК «Эльбрус».

Особенностью российских железных дорог, осложняющей управление железнодорожными перевозками, является движение грузовых и пассажирских поездов по одним и тем же путям железнодорожной инфраструктуры. Затруднения возникают в случае крупных сбоев (например, отказов в работе инфраструктуры, поломки подвижного состава, аварий и т. д.), необходимости выполнения работ по ремонту и содержанию пути и других объектов инфраструктуры, а также ввиду необходимости установления приоритетности грузовых поездов в зависимости от складывающейся эксплуатационной обстановки, так называемая «ручная регулировка» диспетчера [5].

Приоритет грузового поезда может повышаться поездным диспетчером по многим причинам: для выполнения норм непрерывной работы локомотивной бригады (приоритет у поездов с бригадами с «худшими» явками); при занятости путей приема на сортировочной станции поездами, ожидающими расформирования (повышается приоритет транзитных поездов); при задержках приема транзитных поездов на станции смены локомотивов или локомотивных бригад (повышается приоритет поездов на электровозной/тепловозной тяге); при ограничении приема транзитных поездов определенного направления ввиду неприема соседней дорогой/участком (повышается приоритет грузовых поездов определенного направления следования); при следовании поездов с особыми условиями пропуска (сдвоенных, повышенной массы и длины, с грузом ВМ, с ограничением скорости); при необходимости выполнения межпоездных энергетических интервалов для обеспечения устойчивой и бесперебойной работы контактной сети (осуществляется разграничение в движении тяжеловесных поездов). Приоритеты поездов необходимо корректировать при изменении условий

их продвижения по участку и учитывать при организации обгонов и скрещений. Решение по обгону или скрещению необходимо принимать заблаговременно, не допуская сближения поездов на недопустимо малый станционный интервал, при котором произошла бы недопустимая задержка приоритетного поезда при выборе этой станции. Дополнительно требуется проверять наличие на планируемой станции обгона или скрещения свободных путей с полезной длиной, соответствующей длинам поездов, специализацию пути приема. Таким образом, выбор «наилучшего» варианта остается за диспетчерским аппаратом. Это решение является объективным с учётом глубины информации в каждый момент времени, опыта, квалификации, часто является очевидным, но, возможно, не рациональным с точки зрения извлечения прибыли, так как не выражается чёткими математическими выкладками.

При этом основным требованием при расчёте «адаптивного» плана формирования является минимальная стоимость всех эксплуатационных затрат с учётом иных заданных критериев, а при формировании «гибкого» графика движения поездов – минимизация их задержек и стоянок.

Задача многокритериального изложения выбора оптимального варианта как для формирования адаптивного плана формирования, так и для выбора оптимального варианта организации и управления при $x \in X$ имеет вид:

$$\{f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)\} \to \min,$$

где X – множество допустимых значений переменных x; k – число целевых функций (критериев); f_i – значение i-го критерия (целевой функции), $\min$ – означает, что данный критерий нужно минимизировать.

Способ решения заключается в свертывании критериев и введении одного агрегированного критерия – взвешенной суммы, то есть суммы критериев, каждому из которых приписан определенный вес. Веса назначаются экспертным путем. Оптимальный вариант отражает принцип справедливого компромисса, в соответствии с которым общее качество решения должно равняться нулю, если хотя бы один из частных критериев эффективности принимает нулевое значение (наличие ограничения по пункту 5).

Таким образом,

$$\prod_{i=1}^{k} f_i(x) \to \min.$$

В результате первого этапа определяется эффективное множество решений, на втором этапе – окончательный выбор предоставляется лицу, принимающему решение [1].

Эффективное управление работой полигона железнодорожной сети, представляющего собой совокупность железнодорожных направлений и узлов, связанных общими потоками вагонов и поездов, системой их организации и тягового обслуживания, требует создания единого информационного пространства и общих средств автоматизированной поддержки принятия решений, организации их выполнения и оценочно-контрольных действий. Основным решением указанных задач является разработка и внедрение на сети железных дорог единой интеллектуальной системы управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте – ИСУЖТ, которая позволит избежать инертности принятия решений, ошибок, субъективности в силу отслеживания частных интересов, часто неуместной интенсификации перевозочного процесса [3]. На основании данных о планах погрузки и сроках доставке грузов, информации о проведении ремонтных работ, текущей загрузке инфраструктуры, ИСУЖТ смоделирует процессы составления грузовых поездов, подвязки локомотивов и локомотивных бригад, поможет выбрать оптимальные маршруты следования, рассчитать адаптивный план формирования и график движения [2].

Список литературы

1 **Гришагин, В. А.** Анализ многокритериальных задач оптимизации : метод. пособие / В. А. Гришагин. – Нижний Новгород : Нижегородский госуниверситет, 2021. – С. 12.

2 **Капустин, Н. И.** Влияние ИСУЖТ на структуру диспетчерского управления перевозками на полигонах сети ОАО «РЖД» / Н. И. Капустин, Е. П. Капустина, Ю. В. Андреев // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2017) : сб. тр. Седьмой науч.-техн. конф. – М.: НИИАС, 2018. – С. 70–72.

3 **Никитин, Т. А.** Интегрированная система управления поездной работой объединенного полигона / Т. А. Никитин // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 6. – С. 32.

4 **Подиновский, В. В.** Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. – М. : Наука, 1982. – С. 42–46.

5 **Ghaemi, N.** Railway disruption management challenges and possible solution directions / N. Ghaemi, O. Cats, R. M. P. Goverde // Public Transp. – 2017. – No. 9. – P. 343–364.

УДК 656.13.053.42: 681.268 (470.53)

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕДВИЖНОГО ПОСТА ВЕСОГАБАРИТНОГО КОНТРОЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

А. С. ХАЛМУХАМЕДОВ
Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Автомобильные грузоперевозки тесно связаны с производственной и торговой сферой экономики страны. Практически любая фирма, занимающаяся производственной или коммерческой деятельностью, использует этот вид транспортировки. Ежегодно наблюдается рост автомобильных перевозок на территории Республики Узбекистан.

Так, на автомобильный транспорт приходится 88,7 % общего объема перевозок грузов и 98,4 % объема перевозок пассажиров, что свидетельствует о повышении конкурентоспособности автомобильного транспорта в определенных сегментах рынка транспортных услуг.

Согласно проекту Стратегии развития транспортной системы Республики Узбекистан до 2035 г. в 2025 г. планируется достичь значения в 1674 млн т перевезенного груза, в 2030 г. – 2023 млн т, в 2035 г. – 2485 млн т (в 2018 г. – 1068 млн т).

Популярность автомобильных грузоперевозок в сегменте малого и среднего бизнеса обусловлена сравнительно простым приобретением транспорта и развитой дорожной сетью. Также большинство дорожных и строительных компаний имеют собственный парк грузовых автомобилей для внутренних нужд.

Повсеместное использование таких грузоперевозок вызывает ряд проблем, одной из которых является превышение допустимых весовых и габаритных параметров транспортного средства. Нарушением максимально допустимых весовых показателей является превышение фактической массы или допустимой осевой нагрузки. Несоблюдение автоперевозчиком допустимых показателей вызывает появление остаточных деформаций в дорожной одежде, которые приводят к разрушению покрытия, а пренебрежение требований по габаритам представляет опасность для других участников дорожного движения.

В настоящее время на содержание дорожной сети в Республике Узбекистан расходуются значительные материальные, финансовые и технические ресурсы. Тяжеловесные транспортные средства ежегодно наносят ущерб государственным автомобильным дорогам, в связи с чем на восстановление дорожных одежд требуются миллиарды сум.

Существенное влияние на износ и разрушение дорожной одежды проезжей части и обочин оказывает фактор превышения допустимых осевых нагрузок грузовых транспортных средств, показатели которого имеют выраженную тенденцию роста на большинстве автомобильных дорог общего пользования.

Под воздействием тяжеловесного груза дорога разрушается намного быстрее срока, установленного до капитального ремонта или реконструкции, тем самым наносится большой ущерб автодорожному комплексу страны.

По данным УП «Йул лойиха экспертиза» Комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан основным видом нарушения весовых параметров грузовых транспортных средств является превышение установленных осевых нагрузок (по данным российских специалистов для РФ – свыше 70 % от общего количества нарушений), что в итоге приводит к интенсивному износу дорог, созданию условий, угрожающих безопасности движения.

Для решения вышеперечисленных проблем, а также для удаленного мониторинга за тяжеловесным и крупногабаритным грузом согласно Постановлению КМ РУ от 28.05.2020 г. № 337 «О мерах по введению контроля весовых и габаритных параметров транспортных средств» на территории Республики Узбекистан в период 2020–2022 гг. предусмотрено развертывание и функционирование 52 комплексов весогабаритного контроля (рисунок 1).

Вместе с тем точечные пункты статического весового контроля не представляется возможным устроить на всех необходимых дорогах. Появилась необходимость применения передвижных постов весогабаритного контроля (ППВГК) автомобилей на дороге. В мировой практике ППВГК получил название Portable Wheel and Axel Load Enforcement System.

ППВГК представляют собой мобильные бригады по контролю осевой нагрузки и состоят из команды, которая разъезжает по стране и оснащена переносными весами, готовыми к установке по первому требованию для ручного контроля осевой нагрузки. ППВГК широко используется в большинстве стран.

Рисунок 1 – Карта дислокации планируемых пунктов весогабаритного контроля

Главной задачей введения ППВГК является обеспечение сохранности сети автомобильных дорог и исключение несанкционированного проезда тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств.

Специалистами УП «Йул лойиха экспертиза» в 2020 г. был оснащен опытный передвижной пункт весогабаритного контроля транспортных средств на базе автомобиля минивэна Hyundai H-1.

ППВГК предназначен для контроля за соблюдением допустимых параметров большегрузных автомобилей по весу и габаритам при решении задач обеспечения сохранности автомобильных дорог Республики Узбекистан и позволяет оперативно контролировать поток грузовых транспортных средств, оснащен всем необходимым оборудованием и полностью подготовлен к работе. ППВГК комплектуется переносными весами ВА-15С-2 с возможностью установки их на дорожное полотно (или эквивалентом) для поосного и общего взвешивания большегрузных автомобилей. Всё оборудование передвижного поста объединено в одну контрольно-измерительную систему на базе персонального компьютера и может использоваться как контрольные весы.

В декабре 2020 г. специалистами УП «Йул лойиха экспертиза» был произведен исследовательский весогабаритный контроль транспортных средств на 871 км автомобильной дороги международного значения М39 «Алмати – Бишкек – Тошкент – Шаҳрисабз – Термиз» (806–871 км) (направление Самарканд – Ташкент). На рисунке 2 приведены результаты взвешивания ТС. Как видно из рисунка, от общего числа взвешенных 583 ед. грузовые АТС с перегрузом составили 238 ед. или 41 %.

Рисунок 2 – Результаты взвешивания ТС: *1* – общее количество взвешенных ТС; *2* – количество ТС с перегрузом.

Как показали исследования, основным видом нарушения весогабаритных параметров грузовых транспортных средств является превышение установленных осевых нагрузок (свыше 40 % от общего количества нарушений), что в итоге приводит к интенсивному износу дорог, созданию условий, угрожающих безопасности движения.

Изучив опыт работы передвижных пунктов весового контроля (ППВК) ведущих производителей, проанализировав их оснащение и оборудовав на основании этого анализа опытный ППВГК и применив его, был сделан вывод, что существующие ППВГК обладают рядом существенных недостатков, которые не позволяют вести эффективную бесперебойную работу.

Выявленные недостатки ППВГК позволили разработать требования к перспективному ППВГК для оснащения Комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан.

Что должен представлять собой ППВГК. Станция должна представлять собой автомобиль-лабораторию, оснащенную всеми необходимым средствами для эффективной и производительной работы.

В результате реализации предлагаемых мероприятий автономная передвижная станция весогабаритного контроля становится полноценным элементом ИТС и должна обеспечивать:

– помимо измерения весогабаритных параметров автомобилей, производство удаленного мониторинга за движением тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств (ТКТС), фиксировать различные нарушения и проверять наличие специального разрешения на проезд ТКТС;

– приемлемые условия труда, что позволит значительно повысить эффективность и производительность ППВГК.

Список литературы

1 Государственная система обеспечения единства измерений. Нагрузки на оси, группы осей и масса автодорожных транспортных средств при поосном взвешивании в статическом режиме. Методика измерений / ФГУП ГЦИ СИ ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. – 2014.

2 **Гималов, И. Р.** Повышение безопасности перевозки грузов использованием систем весового контроля / И. Р. Гималов, Л. Я. Кожуховская // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2018. – № 1 (27). – С. 95–98.

3 **Агапов, М. М.** Организация перевозок тяжеловесных и крупногабаритных грузов на автомобильных дорогах общего пользования регионального и межмуниципального значения / М. М. Агапов, В. И. Хазова // Транспортное дело России. – 2019. – № 1. – С. 122–124.

4 **Речицкий, В. И.** Концепция внедрения автоматической системы весогабаритного контроля автотранспорта на дорожной сети РФ / В. И. Речицкий // Мир дорог. – 2017. – № 96. – С. 62–67.

УДК 658.345

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОФИЛАКТИКИ ТРАВМАТИЗМА НА ОБЪЕКТАХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

С. Н. ШАТИЛО, С. В. ДОРОШКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Производственный травматизм на Белорусской железной дороге зависит от целого ряда причин, каждая из которых не в одинаковой степени влияет на показатели травматизма. При анализе производственного травматизма необходимо учитывать возраст, трудовой стаж, стаж работы по данной специальности, время прохождения обучения и инструктажа, а также признаки, характеризующие условия и вид работы, период года, время суток и смены и т. д.

Для разработки мероприятий, связанных с улучшением организации работы по охране труда показательным является анализ травматизма по возрастному признаку. При этом всех работников можно условно разделить на несколько возрастных групп: первая группа – от 18 до 25 лет; вторая группа от 25 до 35 лет; третья группа – от 35 до 45 лет; четвертая группа – от 45 до 55 лет и пятая возрастная группа – от 55 лет и старше. По показателям травматизма, который оказался одинаковым у второй и третьей групп, эти возрастные группы можно объединить. Для первой возрастной группы уровень травматизма оказался значительно выше, чем для других возрастных групп. Это связано с тем, что для этих работников характерен невысокий профессиональный уровень из-за не-

большого стажа работы и низкий уровень знаний требований безопасности. Для этой же возрастной группы характерным является невысокий уровень ответственности и склонность к риску. Для второй и третьей возрастных групп характерным является высокий уровень профессиональной подготовки, хорошие знания безопасных методов и приемов работы, высокая степень ответственности не только за качество выполнения работы, но и за соблюдение требований безопасности. Для четвертой возрастной группы так же характерен относительно высокий уровень травматизма. Это связано с тем, что, несмотря на высокий уровень профессионализма, работники, входящие в данную возрастную группу, имеют повышенную склонность к риску и нарушению требований правил, норм, и инструкций по охране труда. Производственный опыт приобретается с возрастом работников и стажем их работы по определенной профессии. Распределение несчастных случаев на производстве характерно для большинства работников железнодорожного транспорта и подтверждается результатами расследования несчастных случаев. Приведенными данными необходимо руководствоваться при организации и проведении обучения, инструктажа и проверки знаний работников по вопросам охраны труда, а также при организации и проведении контроля за соблюдением требований безопасности. Так, работникам первой и четвертой возрастных групп необходимо уделять больше внимания и чаще контролировать соблюдение ими требований безопасности.

Для получения четкого и объективного представления о травматизме на отдельных предприятиях и в целом по отрасли, количество несчастных случаев, происшедших за определенный период времени, необходимо увязать с числом работающих и тяжестью несчастных случаев.

Анализ причин травматизма показывает, что в большинстве случаев в основе производственного травматизма лежат организационные недостатки, для устранения которых нет необходимости в материальных затратах, а надо всего лишь наладить контроль и дисциплину на предприятиях. Каждый руководитель должен нести ответственность за порученный участок работы и потребовать того же от специалистов всех уровней. Основной целью должно быть предупреждение производственного травматизма, его профилактика. Для этого необходимо обеспечить соблюдение норм и правил нормативных документов, повысить уровень проведения технической учебы на предприятиях, проводить изучение и проверку знаний инструкций по охране труда у работников, занятых на работах с повышенной опасностью, особое внимание обращать на безопасные методы организации труда при разработке технологических процессов выполнения работ.

Основными причинами несчастных случаев в организациях Белорусской железной дороге являются: нарушение требований охраны труда и личная неосторожность работника, невыполнение руководителями обязанностей по охране труда, дорожно-транспортные происшествия, эксплуатация неисправного оборудования, недостатки в содержании территорий предприятий, нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств, инструмента и др.

С учетом обстоятельств и причин производственного травматизма, отмеченных недостатков необходимо в дальнейшем проводить работу по совершенствованию систем управления охраной труда в организациях. Особое внимание уделять подготовке к организации выполнения работ и контролю за их выполнением, проведению всех необходимых организационно-технических мероприятий. Не допускать работников к выполнению работ, не относящихся к их компетенции и необученных этим работам.

Большое количество несчастных случаев с гражданами происходит в местах стихийного пересечения железнодорожных путей. В целях экономии времени, сил и энергии они, пренебрегая требованиями безопасности, пересекают железнодорожные пути по кратчайшему расстоянию в неустановленных местах, а также осуществляют переход железнодорожных путей зачастую в опасной близости перед движущимся подвижным составом. В таких местах железнодорожники не имеют возможности ни информировать граждан об опасности, ни управлять людским потоком.

Можно выделить несколько основных причин, ведущих к травмированию на территории железнодорожных объектов. Чаще всего получают травмы и гибнут граждане, находящиеся в состоянии алкогольного и наркотического опьянения, ходящие по путям, и люди, которые используют наушники и поэтому не слышат ни шума приближающегося поезда, ни гудков локомотивов.

Для снижения уровня травмирования граждан на территориях Белорусской железной дороги необходимо проводить профилактические мероприятия. Работа по профилактике несчастных

случаев должна проводиться по следующим направлениям: организационным, техническим и правовым.

Организационные мероприятия направлены на проведение совместно с ведомственной охраной Белорусской железной дороги и милицией рейдов по местам несанкционированного нахождения граждан на территории железнодорожных объектов; совместно с местными органами власти тематических мероприятий, направленных на предупреждение травматизма граждан, особенно несовершеннолетних (проведение лекций и тематических занятий, направление соответствующих писем в образовательные учреждения, администрации предприятий и пр.). Кроме того, учитывая значительный процент среди травмированных граждан старше 60 лет, следует обратить внимание на работу среди людей пожилого возраста, у которых снижено внимание, реакция и т. д.

Необходимо совершенствовать систему информирования граждан (информирование людей об опасности при их нахождении в зоне движения поездов: плакаты, знаки, видеофильмы, буклеты, сообщения на вокзалах и в поездах, в местах стихийного несанкционированного перехода людей, привлечение средств массовой информации и пр., публикация статей и обращений, выступления на радио и телевидении). В целях обеспечения безопасности граждан, особенно детей, проводить широкомасштабные мероприятия по профилактике непроизводственного травматизма в периоды начала и окончания учебных каникул.

Технические мероприятия включают строительство, оборудование и ремонт пешеходных переходов, пешеходных мостов и тоннелей, ограждение зоны движения поездов и др. Кроме того, предусматривать оборудование пешеходных переходов, расположенных в одном уровне с железнодорожными путями, световой и звуковой сигнализацией, а также устройство ограждений вдоль железнодорожного полотна с целью приведения инфраструктуры к установленным требованиям для пешеходных переходов и ограждений, снижения риска травмирования граждан при переходе через железнодорожные пути по пешеходному переходу, предотвращения прохода граждан на объекты инфраструктуры. Мероприятия по обеспечению безопасности на пешеходных переходах могут включать устройства блокирования (или подавления) нормальной работы сотовых (мобильных) телефонов в их зоне.

Правовые мероприятия направлены на совершенствование законодательства, разработку нормативно-правовых документов, направленных на повышение персональной ответственности граждан, нарушающих правила нахождения на железнодорожных объектах.

УДК 629.4.014:346.2

ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВАГОННЫМ ПАРКОМ ГРУЗОВОЙ БАЗЫ СУБЪЕКТОВ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. Ю. ШКРЫЛЬ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Железнодорожный транспорт в Республике Беларусь является важной частью экономики и его функционирование нацелено на своевременное и качественное обеспечение запросов хозяйствующих субъектов в перевозках железнодорожным транспортом [1]. Товарная продукция хозяйствующих субъектов, заявленная на перевозку железнодорожным транспортом, образует грузовую базу.

Государственное регулирование является инструментарием формирования организационно-правовых и экономических отношений между участниками перевозочного процесса на железнодорожном транспорте общего пользования и осуществляется в целях обеспечения:

– баланса интересов государства, потребителей и организаций железнодорожного транспорта общего пользования;

– предоставление заинтересованным потребителям необходимых услуг перевозки;

– эффективного функционирования организаций железнодорожного транспорта и их развития.

В соответствии с Гражданским кодексом [2] перевозчик железнодорожного транспорта общего пользования обязан осуществлять перевозки грузов, пассажиров и багажа по обращению любого гражданина или юридического лица. Белорусская железная дорога как национальный перевозчик

обязана осуществлять перевозки исходя из согласованных заявок потребителей на основе договора перевозки.

Одним из ответственных процессов перевозок грузов является устойчивое обеспечение потребителей услуг перевозки вагонами в объеме, соответствующем грузовой базе грузоотправителя, и техническим параметрам, соответствующим роду перевозимого груза.

Рынок услуг по предоставлению вагонного парка под перевозки на железнодорожном транспорте не относится к сфере естественной монополии, но является составной частью организации перевозочного процесса [2, 3]. Поэтому все участники этого рынка услуг образуют общий парк вагонов железнодорожного транспорта общего пользования РБ, величина и структура этого парка вагонов должна обеспечивать устойчивость рынка к неравномерности объемов транспортного рынка и отражать структуру образования грузовой базы хозяйствующих субъектов на рынке перевозки [4].

Основные формы образования рынка вагонного парка для обеспечения грузоотправителей в перевозках:

– инвентарный парк вагонов, находящийся в пользовании железнодорожной администрации (собственный – инвентарный, привлеченный – аренда, лизинг);

– собственный парк вагонов крупных предприятий-грузоотправителей (или их дочерних организаций);

– парк вагонов операторских компаний с участием железнодорожной администрации (оператор подвижного состава);

– парк вагонов иных операторских компаний, экспедиторских компаний, владельцев вагонов;

– парк вагонов организаций железнодорожного транспорта, которые выступают наряду с железной дорогой (администрацией) перевозчиком;

– иные формы.

ГО «Белорусская железная дорога» является образцом интегрированной дороги, совмещающей функции как владельца инфраструктуры, перевозчика и оператора подвижного состава. Белорусская железная дорога является крупнейшим в стране собственником железнодорожных вагонов, обеспечивая ими потребности в перевозках.

Государство должно системно участвовать в поддержании устойчивого характера оказания услуг предоставления вагонов под перевозки путем реализации трех направлений:

– государственное регулирование за счет формирования системы нормативных правовых актов (НПА) деятельности операторов подвижного состава, условий использования вагонов во внутригосударственных и международных перевозках, определение требований к техническому состоянию и использованию вагонов, безопасности оказания услуг предоставления вагонов, ценообразования на услуги предоставления вагонов под перевозки, лицензирования деятельности операторов подвижного состава и других;

– государственное управление за счет разработки и реализации государственных программ развития организаций, участвующих в обеспечении перевозок значимых для экономики грузов, поддержки инвестиционных проектов в развитие вагоностроения, приобретение и обновления парка вагонов, поддержки инновационных технологий использования вагонов под перевозки, цифровизации модели вагонного парка на железнодорожном транспорте, международной интеграции операторов подвижного состава в совместную деятельность по обеспечению транзитных и экспортных перевозок, стимулирования транспортной деятельности по предоставлению услуг вагонов под перевозку, и ряд других;

– государственный контроль за счет совершенствования технических нормативных правовых актов (ТНПА) в области подвижного состава, контроль за соблюдением ТНПА, контроль за соблюдением требований безопасности эксплуатации вагонов, их технического обслуживания и ремонта, контроль за соблюдением системы управления безопасности в организациях оператора подвижного состава, контроль профессиональных компетенций в транспортной деятельности и ряд других.

Совокупность мер государственного регулирования должна формировать адекватную товарному рынку Республики Беларусь целевую модель рынка операторов подвижного состава на железнодорожном транспорте [4, 5]. Целевая модель должна предполагать наличие экономически обоснованного разнообразия организаций владельцев подвижного состава, позволяющих обеспечить спрос всех хозяйствующих субъектов на перевозки грузов с учетом специфики перевозки груза, обеспечить рентабельность данного сегмента перевозок. Операторы подвижного состава должны состав-

лять конкурентную среду государственному оператору подвижного состава, а также участвовать в рынке подвижного состава ЕАЭС и пространстве железнодорожных администраций колеи 1520.

Целевая модель деятельности на рынке оперирования вагонов должна предусматривать различные формы консолидации оперативного управления парком вагонов на основе централизованной системы обеспечения заявок на перевозку ГО «Белорусская железная дорога» и создание стимулов для консолидации парков грузовых вагонов разных собственников, а также привлечения вагонов иных железнодорожных администраций.

Развитие рынка операторов подвижного состава, создание самостоятельного государственного оператора подвижного состава на рынке транспортных услуг РБ следует рассматривать в системе мер, направленных на достижение стратегической цели развития грузовых железнодорожных перевозок – обеспечение потребностей экономики РБ в грузовых перевозках на основе интегрированной экономической целесообразности (по конкурентным ценам) и обеспечение конкурентоспособности железнодорожного транспорта на внутриреспубликанском и международном рынке железнодорожных транспортных услуг.

Формируемая государством модель рынка оперирования грузовыми вагонами при этом должна обладать двумя безусловными качествами – быть технологичной и конкурентной.

Технологичность модели предусматривает ее формирование на основе цифровой системы управления погрузочными ресурсами с целью их максимально эффективного использования, минимизации порожних пробегов и нагрузки на инфраструктуру.

Для экономики страны важным является дальнейшее развитие рынка оперирования универсальными вагонами, прежде всего наиболее массовым и востребованным типом подвижного состава (полувагоны, цистерны). Рынок оперирования специализированным подвижным составом в основном является конкурентным по всем типам вагонов и номенклатуре перевозимых грузов.

Список литературы

1 О железнодорожном транспорте : закон Респ. Беларусь от 06 янв. 1999 № 237-З : с изм. и доп. – Минск, 1999. – 15 с.

2 Гражданский кодекс Республики Беларусь : закон Республики Беларусь от 07.12.1998 г., № 218-З.

3 О естественных монополиях : закон Республики Беларусь от 16.12.2002 г., № 162-З.

4 **Елисеев, С. Ю.** Управление парками транспортных компаний – логистические принципы / С. Ю. Елисеев, А. А. Шатохин // Железнодорожный транспорт. – 2014. – № 10. – С. 62–65.

5 **Еловой, И. А.** Современные тенденции рынка железнодорожных грузовых перевозок : [монография] / И. А. Еловой, В. В. Ясинский, М. М. Колос. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 210 с.

УДК 62-592.635:629.067

ВИХРЕТОКОВОЕ ТОРМОЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

А. Э. ЮНИЦКИЙ, С. В. АРТЮШЕВСКИЙ, Г. А. КУРИНСКАЯ
Закрытое акционерное общество «Струнные технологии», г. Минск

В мировой экономике потребность в грузопассажирских перевозках растёт из года в год, а вместе с ней – и требования к качеству этих услуг, которые должны быть более экологичными, безопасными, быстрыми и менее шумными.

В обеспечении безопасности транспортных комплексов отдельная важная роль отводится системам торможения. В традиционных видах транспорта используются механические тормозные системы, которые из-за наличия трущихся поверхностей, выходят из строя и становятся небезопасными при высоких скоростях движения. Рост скоростей транспортных средств актуализирует проблему обеспечения безопасности их движения, залогом которой является соответствие сил тяги и торможения. Увеличение мощности последних требует отхода от классических схем (систем) замедления к новым типам тормозов, к числу которых относится система вихретокового торможения, применяющаяся в линейном и вращающемся исполнении.

Исследования по разработке тормозной системы на вихревых токах начаты в 60-х годах XX столетия при создании поезда для скоростной линии Токайдо (Япония). В 1969 г. во Франции для скоростного поезда TGV (Trains Grande Vitesse – высокоскоростной поезд) при участии компании Knorr-Bremse AG (ФРГ) проведены обширные исследования по данному типу тормозной системы [1, 2].

Несмотря на факт изобретения конструкции вихретоковых тормозов более 50 лет назад, до настоящего времени они не получили массового применения в транспортных комплексах. Как показывает практика, такие системы используются, по большей части, в составе высокоскоростных электропоездов (немецкий «InterCity Express», японский «Shinkansen» и др.).

В этой связи, отдельного внимания заслуживает ряд преимуществ использования системы вихретокового торможения по сравнению с иными, более традиционными.

Во-первых, из-за увеличения скорости движения транспортных средств значительно увеличивается объём преобразованной кинетической энергии, что приводит к быстрому износу и риску полного отказа фрикционных тормозов. Для снижения нагрузки и её распределения используют электродинамическое торможение, уменьшающее износ, однако оно требует наличие нагрузки – потребителя выработанной энергии. В этой связи использование вихретоковых систем торможения по сравнению с иными является наиболее предпочтительным, т. к. в них вся вырабатываемая электрическая энергия преобразуется непосредственно в тепло, без участия сил трения и механических посредников. А поскольку преобразование энергии происходит без механического контакта, коммуникационных линий и пр. элементов, то подобные системы гораздо более надёжны, чем традиционные аналоги.

Во-вторых, состояние поверхности транспортного полотна (наледь, загрязнения и т.д.) не оказывает влияния на эффективность работы системы вихретокового торможения, которая показывает высокие и стабильные характеристики работы при различного рода неблагоприятных погодных условиях.

В-третьих, из-за отсутствия продуктов износа, вихретоковые тормоза более экономичны и экологичны по сравнению с фрикционными. Это делает вихретоковую концепцию особенно актуальной и представляющей интерес с научной точки зрения для высокоскоростного движения.

В-четвёртых, применение вихретоковых тормозов на постоянных магнитах не требует использования внешних источников питания, что делает систему энергонезависимой и повышает её надёжность.

Теоретическое обоснование использования тормозящих сил, возникающих в переменном магнитном поле, в тормозных механизмах и замедлителях представлено в ряде источников тематической научной литературы [3, 4].

В этой связи, учитывая ряд обозначенных преимуществ системы вихретокового торможения и необходимости применения (внедрения) инновационных решений в рамках развития уникальных транспортно-инфраструктурных комплексов Unitsky String Technologies (uST, Республика Беларусь [5]), авторами проведено комплексное исследование, связанное с разработкой перспективного опытного образца секции вихретокового замедлителя на постоянных магнитах с оценкой его эффективности [6].

Благодаря результатом исследований тормозящих сил, возникающих в переменном магнитном поле, установлены многофакторные зависимости величины тормозящей силы от используемых материалов, компоновочных решений, относительных скоростей движения, воздушных зазоров, температуры и других параметров, позволяющих определить конструктивные характеристики секций. Отдельные из них приведены на рисунке 1.

а)

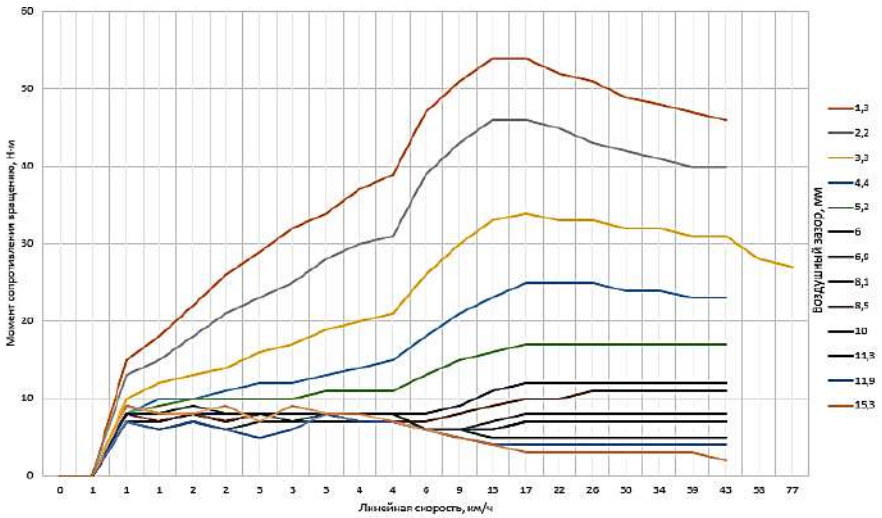


Рисунок 1 (начало) – Графики зависимости тормозящего момента от линейной скорости секции вихретокового замедлителя с магнитопроводом:
а – медным

б)

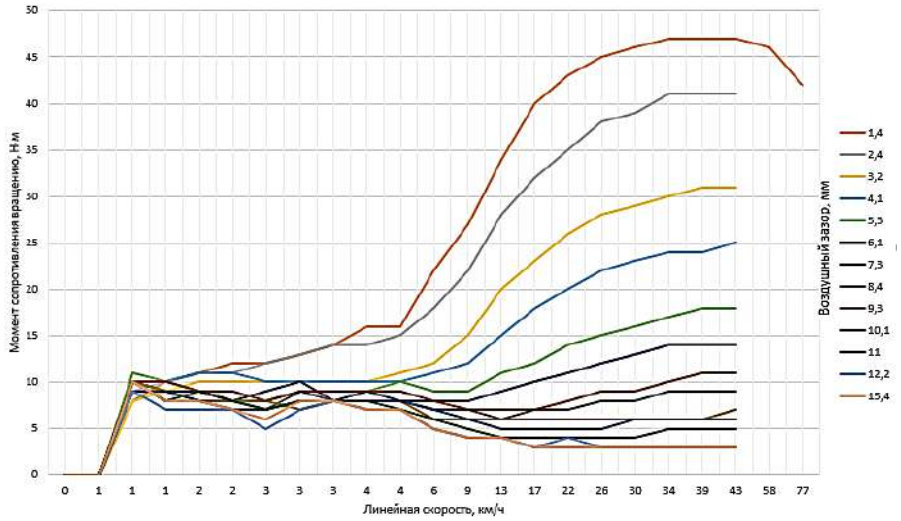


Рисунок 1 (окончание) – Графики зависимости тормозящего момента от линейной скорости секции вихретокового замедлителя с магнитопроводом:
б – алюминиевым

В результате, разработаны два опытных образца секции вихретокового замедлителя:

– образец № 1, в конструкции которого все магниты одновременно участвуют в процессе создания тормозящего усилия на всём тормозном участке;

– образец № 2, в конструкции которого при создания тормозящего усилия участвует более половины магнитов, последовательно замещаемых вдоль магнитной сборки.

Разработанные образцы отличаются невысокой трудоёмкостью изготовления, рядом положительных характеристик от применения (снижение степени риска при торможении, возможность точного контроля при торможении, бесшумность). Вместе с тем, сравнительный анализ образцов показал более высокую эффективность первого образца, т.к. при таком варианте все магниты постоянно участвуют в процессе создания тормозящего усилия на всём тормозном участке.

Таким образом, системы вихретокового торможения целесообразно применять для обеспечения замедления транспортных средств (их частей на примере рельсовых транспортных средств) совместно с существующими решениями в качестве энергонезависимого замедлителя. При этом применение систем вихретокового торможения в транспортных комплексах представляет значительный интерес как для науки, так и экономики, энергосбережения, экологии, безопасности человека.

Список литературы

1 **Kröger, U.** Prinzip, Entwicklung und Konstruktion der linearen Wirbelstrombremsen / U. Kröger // ZEV Glasers Annalen. – 1985. – Vol. 109, no. 9. – P. 368–374.

2 Вихретоковые тормоза рельсового транспорта [Электронный ресурс] // Независимый научно-исследовательский центр. – Режим доступа : http://www.ipem.ru/files/files/tzd_web_versions/tzd_32_web_full.pdf. – Дата доступа : 19.10.2021.

3 **Форристер, Т.** Вихретоковые тормозные системы как способ избавления от трения рельсового транспорта / Т. Форристер [Электронный ресурс] // Блог Comsol. – Режим доступа : https://www.comsol.ru/blogs/how-eddy-current-braking-technology-is-freeing-us-from-friction./ – Дата доступа : 16.10.2021.

4 Linear Magnetic Brakes [Electronic resource] // H2WTechnologies. – Mode of access : https://www.h2wtech.com/page/linear-magnetic-brakes – Date of access : 15.10.2021.

5 Создаём экологичный, безопасный и комфортный транспорт [Электронный ресурс] : сайт ЗАО «Струнные технологии». – Режим доступа : https://unitsky.com/. – Дата доступа : 25.10.2021.

6 Исследование тормозящих сил, возникающих в переменном магнитном поле, и разработка перспективного опытного образца секции вихретокового замедлителя для его применения в транспортных комплексах UST: отчет о НИР (заключ.) / ЗАО «Струнные технологии» ; рук. С. В. Артюшевский. – Минск, 2021. – 72 с. – № ГР 20210148.

УДК 629.047

РЕАЛИЗАЦИЯ CBTC ФУНКЦИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ В UST ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

А. Э. ЮНИЦКИЙ
Закрытое акционерное общество «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь

Ю. А. СОРОКИН
ООО «ЮВР», г. Минск, Республика Беларусь

Целью развития инновационной транспортной системы, использующей струнные технологии Юницкого (uST) [1], является обеспечение безопасных, комфортных, экологичных и ресурсосберегающих перевозок пассажиров и грузов.

Одним из направлений повышения эффективности транспортной системы является минимизация расстояния между рельсовыми электромобилями, движущимися с максимально допустимой скоростью. Минимизация расстояния между электромобилями, движущимися с высокой скоростью по рельсо-струнной путевой структуре, с обязательным обеспечением безопасности, возможна только при условии точного определения их местоположения и параметров движения всех транспортных средств при наличии системы связи между ними и системой управления.

В настоящий момент одной из самых перспективных систем управления транспортными средствами, движущимися по выделенной путевой структуре, является Communications-Based Train Control (CBTC) [2] – система управления на основе телекоммуникации.

Классические системы управления транспортными средствами, движущимися по выделенным путевым структурам, полагаются в основном на рельсовые цепи обнаружения присутствия данных транспортных средств на фиксированных участках путевой структуры. Эти традиционные системы эффективны в обеспечении управления движением поездов, но не эффективны для обеспечения максимальной пропускной способности инновационных транспортных комплексов uST из-за ряда фундаментальных ограничений. Основным из ограничений классической системы является то, что расположение транспортных средств может быть определено только с дискретностью, определяемой длиной рельсовых цепей: если какая-либо часть рельсового пути занята транспортным средством, следует предполагать, что вся рельсовая цепь занята транспортным средством. Рельсовые цепи можно сделать короче, но каждая дополнительная рельсовая цепь требует дополнительного оборудования, что влияет на экономическую эффективность реализации данной системы.

Системы CBTC преодолевают эти фундаментальные ограничения традиционных систем на основе рельсовых цепей и, следовательно, позволяют более эффективно использовать транспортную инфраструктуру, за счёт:

1) определения местоположения транспортных средств с высокой степенью точности независимо от рельсовых цепей;

2) географически непрерывной сети передачи данных между транспортными средствами и системой управления, позволяющей передавать значительно большие объёмы информации об управлении и состоянии, чем это возможно с помощью обычных систем;

3) разделения функций автоматического управления транспортным средством (automatic train operation – ATO) и автоматической защиты (обеспечения безопасности) транспортного средства (automatic train protection – ATP), выполняемых высоконадёжными контроллерами бортового оборудования транспортных средств и стационарной системы управления ими.

Использование CBTC позволяет обеспечивать безопасное движение транспортных средств на гораздо более близком расстоянии, что даёт большую гибкость и точность в их управлении. Дополнительно использование технологии CBTC повышает надёжность и снижает затраты на техническое обслуживание системы управления за счёт уменьшения количества оборудования и увеличения объёма диагностической информации, передаваемой в реальном масштабе времени.

Определение местоположения рельсовых электромобилей в uST ATP системой CBTC включает реализацию следующих функций:

1 Инициализация местоположения электромобиля. Данная функция является самоинициализирующейся при подключении транспортного средства к системе управления или при восстановлении после отказа оборудования и не требует ручного ввода данных о местоположении электромобиля и

его длине. Реализация данной системы достигается путём получения информации от следующих сенсоров:

– GPS (в том числе в режиме RTK);

– RFID-меток – в случае их наличия рядом с местом расположения электромобиля.

– системы компьютерного зрения электромобиля (камеры + лидар) – требует наличия заранее загруженной цифровой карты местности (Simultaneous Localization And Mapping – SLAM);

– системы компьютерного транспортного комплекса (wayside) – камеры.

2 Определение длины транспортного средства. Данная информация заносится при регистрации электромобиля в системе управления.

3 Определение местоположения транспортного средства при его движении. Данная функция реализована с использованием фильтра Калмана на основании совместной обработки информации от следующих сенсоров:

– одометр;

– GPS (в том числе в режиме RTK);

– RFID-меток – в момент их проезда транспортным средством;

– пары «магнит – датчик Холла» – для высокоточного позиционирования в особых местах (станции и т. п.);

– системы компьютерного зрения транспортного средства (камеры + лидар + радар) – требует наличия заранее загруженной цифровой карты местности;

Кроме того, дополнительная информация может поступать от системы компьютерного транспортного комплекса (wayside).

4 Учёт ошибки определения местоположения. Данная функция учитывает ошибку местоположения электромобиля (фильтр Калмана). Максимальная ошибка определения местоположения закладывается в модель безопасного торможения.

5 Обнаружение разделения составного транспортного средства. Бортовое оборудование составного транспортного средства обнаруживает по наличию сигнала разрыва факт разделения составного транспортного средства. Каждое из отделившихся транспортных средств начинает передавать в систему управления местоположение своей передней и задней части. Факт разделения составного транспортного средства может быть зафиксирован и камерами системы компьютерного зрения транспортного комплекса (wayside).

6 Определение статуса занятости участков путевой структуры. Камеры системы компьютерного зрения транспортного комплекса (wayside) могут обеспечивать вторичное определение местоположения транспортных средств, чтобы установить, занят ли участок пути одним или несколькими электромобилями, включая транспортные средства с неработающим бортовым оборудованием.

7 Защита при пропадании отчёта о местонахождении электромобиля. В случае отсутствия от транспортного средства отчёта о его местонахождении, система управления предотвращает выдачу разрешений на движение другим транспортным средствам на участки пути, которые могут быть заняты электромобилями, не предоставляющими отчёт.

8 Защита системы блокировки при пропадании отчёта о местонахождении транспортного средства. В случае отказа функции определения местоположения электромобиля, входящего в зону блокировки или приближающегося к ней, все функции блокировки остаются в силе (не изменяются) до тех пор, пока не будет определено, что транспортное средство покинуло границы блокировки с помощью системы управления транспортным комплексом и/или с помощью эксплуатационных процедур.

Реализация указанных CBTC функций определения местоположения в совокупности с другими функциями ATP стандарта CBTC позволяет обеспечивать безопасные перевозки пассажиров и грузов в транспортных системах uST.

Список литературы

1 **Unitsky, A.** String Transport Systems: on Earth and in Space / A. Unitsky. – Silakrogs, 2019. – 560 p.

2 IEEE Std 1474.1-2004. IEEE Standard for Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements.

2 БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

УДК 621.869

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ОГРАЖДЕНИЯ КУЗОВОВ РЕФРИЖЕРАТОРНЫХ ВАГОНОВ И КОНТЕЙНЕРОВ

Б. А. АБДУЛЛАЕВ, К. Х. ИНОЯТОВ, О. У. ХАЙДАРОВ
Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Для теплоизоляции вагонов и контейнеров используются различные материалы: минеральная вата, пенопласты, полиуретаны, характеризующиеся низкими значениями коэффициентов теплопроводности. Однако из-за наличия тепловых мостиков, влаги, ухудшения теплоизоляционных свойств в процессе эксплуатации толщина ограждений кузовов обычно превышает 160 мм. Это приводит к уменьшению внутреннего полезного объема кузова и увеличению массы тары. В то же время в смежных отраслях техники находят применение новые материалы [1–3], имеющие наименьший коэффициент теплопроводности и большую прочность, позволяющую создавать цельно несущие конструкции меньших размера и веса.

В основу методов измерения коэффициентов теплопроводности и теплопередачи материала положено уравнение Фурье [4]

$$\frac{Q}{F} = \frac{\lambda}{\delta}(T_1 - T_2), \tag{1}$$

где Q – заданный поток тепла, Вт·с; F – площадь сечения, через которое передается тепло, м^2; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м·К; δ – толщина материала, м; T_1, T_2 – температуры окружающей среды и внутри тела соответственно.

Определение коэффициентов теплопередачи проводилось в работах [5, 6]. Основная проблема заключается в том, что часть теплового потока, создаваемого нагревом, рассеивается в окружающую среду и измерение теплового потока через изучаемую конструкцию представляет известную трудность. Поэтому было предложено использовать замкнутую камеру в виде параллелепипеда со сменной верхней гранью (крышкой). Известно, что средний коэффициент теплопередачи замкнутой камеры можно рассчитать по выражению

$$K_{ср} = \frac{4K_{бс}F_{бс} + K_{дн}F_{дн} + K_{кр}F_{кр}}{4F_{бс} + F_{дн} + F_{кр}}, \tag{2}$$

где $K_{бс}$, $K_{дн}$, $K_{кр}$ – коэффициенты теплопередачи соответственно боковой стены, днища и крышки испытательной камеры, Вт/м^2·К; $F_{бс}$, $F_{кр}$, $F_{дн}$ – площади соответственно боковой стены, днища и крышки испытательной камеры, м^2.

Для определения коэффициента теплопередачи испытываемых конструкции необходимо знать коэффициент теплопередачи вспомогательных элементов камеры.

С учетом того, что днище и боковая стена испытательной камеры изготовлены из одного материала и их коэффициенты теплопередачи равны ($K_{дн} = K_{бс} = K_0$), формула (2) приводится к виду

$$K_{ср} = K_0 \frac{F_0}{F_0 + F_{кр}} + K_{кр} \frac{F_{кр}}{F_0 + F_{кр}}, \tag{3}$$

где K_0 – средний коэффициент теплопередачи испытательной камеры без крышки; F_0 – суммарная площадь боковых стен и днища камеры, $F_0 = 4F_{бс} + F_{дн}$.

При известном коэффициенте теплопроводности материала λ (см. выражение (3)) по экспериментально определенному среднему коэффициенту теплопередачи камеры можно найти коэффициент теплопередачи исследуемого технического решения

$$K_{кр} = \frac{K_{ср}(F_0 + F_{кр})}{F_{кр}} - \frac{K_0 F_0}{F_{кр}}. \quad (4)$$

Значения коэффициента теплопроводности λ материала в зависимости от поставки могут отличаться. Поэтому для повышения точности было предложено изготовить две градуированные крышки из одного материала с одной поставки, но разной толщины: 50 и 100 мм. При уменьшении толщины в 2 раза коэффициент теплопередачи крышки становится меньше в 1,87 раза.

Из данных градуировки камеры с использованием крышек разной толщины получаем систему из двух уравнений для уточненного определения коэффициента теплопередачи камеры:

$$\begin{cases} K_{ср}^{\delta=100} = \dfrac{K_0 F_0 + K_{кр100} F_{кр}}{F_0 + F_{кр}}, \\ K_{ср}^{\delta=50} = \dfrac{K_0 F_0 + 1{,}87 K_{кр100} F_{кр}}{F_0 + F_{кр}}. \end{cases} \quad (5)$$

Разрешив систему уравнений (5) относительно двух неизвестных, получаем уточненные значения коэффициента теплопередачи K_0 стен и днища камеры:

$$K_0 = \frac{(F_0 + F_{кр})(1{,}87 F_{кр} K_{ср}^{\delta=100} - K_{ср}^{\delta=50} F_{кр})}{F_0 - F_0 F_{кр}}. \quad (6)$$

Таким образом, методика экспериментального определения коэффициента теплопередачи испытуемого технического решения, изготовленного в виде крышки к теплоизолированной камере, заключается в следующем:

– вычисляется площадь ограждающих поверхностей камеры и крышки;

– устанавливается камера в теплоизолированное помещение или холодильную камеру;

– измеряется разность температур снаружи и внутри камеры;

– воздух внутри камеры нагревается электрическим прибором, подключенным через счетчик электроэнергии;

– при достижении условно стационарного режима с постоянной разностью температур снаружи и внутри камеры рассчитывается средний коэффициент теплопередачи;

– используя полученный средний коэффициент теплопередачи, вычисляется коэффициент теплопередачи нижних ограждений камеры K_0 по формуле (6) (выполняется только при градуировке камеры);

– по значению коэффициента $K_{ср}$ находится коэффициент теплопередачи исследуемого технического решения теплоизоляции по (4).

Среднегеометрические площади элементов ограждения испытательной камеры определялись по формуле

$$F_{ср} = \sqrt{F_н F_{вн}},$$

где $F_н$ и $F_{вн}$ – площадь элементов камеры соответственно снаружи и внутри, м^2.

Таким образом, разработанная методика позволяет с достаточной точностью (погрешность менее 3 %) экспериментально определить коэффициент теплопередачи.

Список литературы

1 **Бороненко, Ю. П.** Стратегические задачи вагоностроителей в развитии тяжеловесного движения / Ю. П. Бороненко // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 5 (48). – С. 68–73.

2 **Абдуллаев, Б. А.** Выбор теплоизоляционных материалов для рефрижераторных вагонов и контейнеров / Б. А. Абдуллаев // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты : материалы XIV Междунар. науч.-техн.. конф., Санкт-Петербург, 9–13 июля 2019 г. – СПб. : ПГУПС, 2019. – С. 50–53.

3 Analysis and prospects for the development of performance cargo transportation in the Republic of Uzbekistan / R. Rahimov [et al.] // Proceedings of the 1st International Conference on Problems and Perspectives of Modern Science (ICPPMS-2021). – ТПАМЕ, 2021. – P. 1–6.

4 **Китаев, Б. Н.** Тепловое воздействие солнечной радиации на вагоны / Б. Н. Китаев. – М. : Трансжелдориздат, 1962. – 32 с.

5 **Мейстер, А. О.** Определение среднего коэффициента теплопередачи кузовов пассажирских вагонов / А. О. Мейстер, М. А. Юхневский // Проблемы и перспективы развития вагоностроения : тезисы VI науч.-практ. конф. – Брянск : БГТУ, 2014. – С. 93–95.

6 РД 24.050.15-89. Методика определения среднего коэффициента теплопередачи ограждающих конструкций кузовов пассажирских вагонов : утв. М-вом тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения СССР 24 июля 1989 г. – М., 1989. – 20 с.

УДК 621.331:621.311.019.3

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

О. С. АНАНЬЕВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

На сегодняшний день одной из главных задач всех транспортных предприятий является экономия энергоресурсов, основную часть которых составляют расходы на тягу электрического рельсового транспорта. В транспортной системе Республики Беларусь согласно Государственной программе «Энергосбережение» на 2021–2025 годы предусмотрен ряд мероприятий по сдерживанию роста валового потребления топливно-энергетических ресурсов, а также увеличению использования местных ресурсов.

Электрифицированный рельсовый транспорт характеризуется крайне неравномерным графиком потребления электроэнергии. Следствием этого является то, что оборудование тяговых подстанций непрерывно испытывает колебания нагрузки.

Наличие в системе электроснабжения, в пределах какой-либо одной ступени трансформации, непрерывно изменяющихся электрических нагрузок приводит к непрерывным изменениям уровня напряжения в элементах тяговой сети. Наличие колебаний приводит к появлению больших потерь электроэнергии, которые отрицательно сказываются как на самом подвижном составе, так и на оборудовании тяговых подстанций, а наличие пиковых значений токов приводит к появлению больших потерь электроэнергии как в системах тягового, так и внешнего электроснабжения. Ограничение колебаний, а следовательно, улучшение основных показателей качества электроэнергии в системе энергоснабжения может быть достигнуто путем увеличения мощности отдельных элементов системы или путем применения специальных средств и технологий, позволяющих поддерживать напряжение близким к постоянному.

Основные показатели качества электроэнергии, такие как отклонение частоты, установившееся отклонение напряжения, размах изменения напряжения, глубина и длительность провала напряжения, в первую очередь связаны с режимами работы напряжения электрической сети, которые в свою очередь совместно с качеством электроэнергии определяют технико-экономические показатели электрической сети и системы электроснабжения в целом.

Одним из наиболее эффективных мероприятий, связанных с улучшением качества электроэнергии в системе тягового электроснабжения, является применение накопителей электрической энергии. Главная задача накопителей заключается в непосредственном аккумулировании избыточной энергии с последующей ее отдачей в период возрастающего энергопотребления.

В качестве тяговых двигателей на электрическом подвижном составе переменного тока, эксплуатируемом на Белорусской железной дороге, а также на некоторых видах электропоездов метрополитена, применяются коллекторные тяговые двигатели пульсирующего и постоянного тока. Такие тяговые двигатели хотя и обладают определенными положительными качествами, имеют ряд серьезных недостатков: сравнительно невысокая надежность коллекторно-щеточного узла и щеточного аппарата, большая масса при сравнительно невысоких значения крутящего момента, трудоемкость в ремонте и др.

С развитием и широким распространением полупроводниковой техники стало возможным создавать надежные системы управления асинхронными тяговыми электродвигателями, что привело к созданию новых типов ЭПС, на которых стало возможным реализовать следующие преимущества тяги с бесколлекторным тяговым электроприводом:

– значительно упростить конструкцию электродвигателя в сравнении с коллекторным и, следовательно, повысить надежность подвижного состава, а также уменьшить затраты на его эксплуатацию;

– улучшить тяговые свойства ЭПС, благодаря увеличению мощности и момента тяговых двигателей при тех же габаритных размерах; обеспечить полную автоматизацию режимов ведения поезда благодаря гибкой системе управления, построенной на силовых полупроводниковых приборах и др.

К настоящему времени на Белорусской железной дороге эксплуатируются следующие типы подвижного состава с бесколлекторным тяговым приводом: Швейцарские электропоезда «Stadler» серии ЭП, электровозы серии БКГ-1 и БКГ-2, а также новые электропоезда для Минского метрополитена.

В результате многолетней эксплуатации и теоретических исследований был получен достаточный опыт в области совместной эксплуатации электрического подвижного состава с коллекторными тяговыми двигателями и системами тягового электроснабжения. При этом опыт эксплуатации бесколлекторных тяговых двигателей совместно с устройствами тягового электроснабжения сравнительно невелик, и уже в настоящее время известно, что электрический подвижной состав с бесколлекторным электроприводом оказывает существенное влияние на устройства железнодорожной автоматики и телемеханики, а также на качество напряжения в точках общего присоединения тяговых подстанций к системам внешнего электроснабжения.

Новые типы электрического подвижного состава с асинхронными тяговыми двигателями оснащают системой рекуперативного торможения, предназначенной для осуществления торможения подвижного состава путем перевода двигателей в генераторный режим, при котором кинетическая энергия поезда преобразуется в электрическую и возвращается в контактную сеть. Такой тип электрического торможения не применялся на Белорусской железной дороге, и поэтому его влияние на тяговую сеть в достаточной мере не изучено.

Для оценки эффективности применения рекуперативного торможения на электрическом подвижном составе новых типов в условиях Белорусской железной дороги были организованы и проведены натурные испытания с применением грузовых электровозов серии БКГ-1, которые имеют типовое устройство тягового электропривода, характерное для современного электрического подвижного состава.

При оценке качества электроэнергии, возвращаемой электровозом БКГ-1 в контактную сеть при рекуперативном торможении, были проанализированы высшие гармоники тока и напряжения.

ЭПС при работе в режиме рекуперативного торможения представляет собой однофазные генераторы электрической энергии, которая может быть использована однофазными потребителями, работающими в пределах тяговой сети. Для передачи рекуперируемой энергии в цепи внешнего электроснабжения ее необходимо преобразовать в трехфазную. Качество энергии в точках общего присоединения трехфазных потребителей должно соответствовать требованиям ГОСТ 13109-95. Естественными преобразователями однофазных напряжений и токов в трехфазные являются тяговые трансформаторы. Учитывая, что тяговая нагрузка представляет собой однофазную нагрузку (однофазные источники энергии) значения потребляемой и отдаваемой мощности которых носит случайный характер, основными параметрами качества энергии в точках общего присоединения являются: отклонения напряжения, несинусоидальность напряжения, несимметрия напряжения.

Применение методов компьютерного моделирования [1] путем проведения вычислительных экспериментов в области повышения надежности систем электроснабжения электрического рельсового транспорта и определения энергоэффективных режимов работы позволит учитывать взаимное влияние систем тягового электроснабжения и электрического рельсового транспорта. Это позволит правильно выбрать режим работы как системы тягового электроснабжения, так и электрического подвижного состава, а также повысить энергоэффективность.

Таким образом, по результатам измерений и расчетов с применением математических моделей было установлено следующее.

1 На электрическом подвижном составе в условиях Белорусской железной дороги может быть использован режим рекуперативного торможения. Вырабатываемая при этом электроэнергия может быть принята цепями тягового электроснабжения и использована для обеспечения электрического подвижного состава, работающего в режиме тяги. Это позволит снизить затраты на обслуживание и ремонт, связанные с износом тормозных колодок и колесных пар.

2 Качество электроэнергии на шинах электрического подвижного состава с бесколлекторным тяговым приводом в режимах тяги и рекуперации соответствует требованиям ГОСТ13109-95, поэтому эксплуатация электрического подвижного состава данного типа на участках Белорусской железной дороги допустима как в режиме тяги, так и в режиме рекуперативного торможения.

3 Для учета электроэнергии, вырабатываемой при рекуперации, необходимо оснастить тяговые подстанции автоматизированной системой контроля и учета электроэнергии.

4 Анализ результатов расчетов позволяет сделать вывод, что качество напряжения в точках общего присоединения не соответствует нормам ГОСТ 13109-95. Коэффициент несимметрии по обратной последовательности достигает 5,96 %, что превышает нормально допустимое и предельно

допустимое значения в точках общего присоединения к электрическим сетям (равное 2,0 и 4,0 % соответственно). Следовательно, необходима разработка мероприятий по улучшению качества электрической энергии в точках общего присоединения.

Список литературы

1 Имитационная модель совместной работы системы тягового электроснабжения и электрического подвижного состава / В. С. Могила [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2017. – № 2 (54). – С. 191–196.

УДК 656.212.5

ЦИФРОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РОБОТИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

В. В. БУРЧЕНКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
В. Д. ШАНТУР
Белорусская железная дорога, г. Минск

Для решения задач по выполнению требований к повышению безопасности движения поездов, с одновременным сокращением эксплуатационных затрат, необходимо применение эффективных цифровых систем диагностирования технического состояния подвижного состава на основе новейших технологий роботизированного осмотра и ремонта. Робототехника является одним из важнейших направлений научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте, в котором проблемы механики и новых технологий соприкасаются с проблемами искусственного интеллекта.

Автоматическое выявление дефектов деталей и узлов ходовой части вагонов на ходу поезда выполняется с помощью информационно-измерительных диагностических систем. Эти системы располагаются, в основном, перед пунктами технического обслуживания ПТО крупных узловых станций и обеспечивают осмотрщиков и ремонтников грузовых вагонов предварительной информацией о выявленных дефектах. Такое распределение функций определения неисправных деталей и узлов в ходовой части подвижного состава, между перегонными и станционными системами диагностики, способствует существенному росту производительности труда.

Для интеграции в единый комплекс разнообразных устройств осмотра ходовой части вагонов предлагается использовать платформу T&IMP. Платформа интегрирует в единый комплекс результаты предварительных проверок подвижного состава: системы контроля взвешивания подвижного состава в движении (WIM), контроля ударных нагрузок, передаваемых от колеса на рельсы (WILD), контроля нагретых букс и колес (HABD/HWD), обмера колес (WMS), акустического контроля роликовых буксовых подшипников (ABD), контроля нагрева рельса (RHT) и оперативные результаты измерений, полученные осмотрщиком вагонов.

Основная задача объединения баз данных состоит в том, чтобы выдавать аварийные предупреждения, соответствующие видам выявленных дефектов, имеющих критическое значение для оперативного ремонта. Очевидно, что реализация этих функций даст и реальный экономический эффект, проявляющийся в уменьшении ущерба от аварий, повышении уровня готовности поездов в парках отправления. Еще одно важное свойство комплексирования систем – это возможность использования данных измерений совместно с результатами моделирования износа и отказов в целях прогнозирования оптимальных сроков проведения конкретных мероприятий технического обслуживания и ремонта подвижного состава. Платформа T&IMP обеспечит возможность сбора, анализа и доставки информации на рабочие места дежурных операторов, находящихся в ПТО. Разработанный формат TAF TSI и TAP TSI по стандарту X-509 может использоваться в качестве интерфейса для обеспечения автоматического обмена оперативной информацией между компьютезированным пунктом робота-осмотрщика вагонов и оператором АРМа ПТО.

В настоящее время железные дороги ряда стран уделяют повышенное внимание внедрению роботизированных технологий технического осмотра и ремонта подвижного состава. Осмотр вагонов является важнейшим элементов для обеспечения безопасности перевозочного процесса. Актуальной проблемой остается обслуживание и предрейсовый осмотр составов грузовых вагонов.

Внедрение роботов для осмотра ходовой части вагона обеспечит более быстрое выявление и локализацию дефектов. Для решения проблемы, после соответствующего перепрограммирования, может быть использована передвижная платформа робота фирмы Digitial Vanguard. Этот робот снабжен манипулятором и телескопической «роборукой», а также набором вспомогательного оборудования, которое можно преобразовать для диагностирования ходовой части вагона. Стандартная комплектация предложенного робота-осмотрщика включает в себя следующие составляющие: беспроводной цифровой робот на гусеничном ходу; 2G командная консоль; Bluetooth-манипулятор; USB-гарнитура и контроллер Playstation; USB-клавиатура и концентратор; Mil-Std питание; зарядное устройство с двумя пакетами 24V батарей; антенна робота KIT, включая штатив.

Особенностями данного робота являются: порт для дополнительного зондирования и обнаружения устройств, допускающий одновременное использование нескольких функций; телескопическая и шарнирная «рука» с 6 осями движения; три стандартные видеокамеры и инфракрасный излучатель для работы в условиях недостаточной освещенности; регулирование скорости движения робототехнической платформы; возможность многократного увеличения изображений видеокамер и аудиозапись сообщений осмотрщика. Дисплей пульта имеет характеристики: 39.6 см (15.6") Full HD 1080p 1920x1080 800 NIT, что позволяет использовать его даже при солнечном освещении. Пульт соответствует IP65, MIL-STD 810G, MIL-STD-461F, ANSI/ISA 12.12.01.

С помощью видеокамер высокого разрешения, установленных на манипуляторе, данная модель позволит осмотрщику определить дефекты тормозных колодок, боковых рам тележек, букс, центрального рессорного подвешивания, гасителей колебаний, подпятников, буксового рессорного подвешивания. Размещение на дополнительной консоли лазерного профилометра позволит заменить трудозатратные операции с абсолютным шаблоном для контроля геометрии вагонного колеса, а лазерная измерительная рулетка упростит операции с фиксацией линейных размеров. Находит применение лазерный штихмас для контроля расстояния между гребнями колес вагонной оси.

Особое внимание стоит уделить дополнению платформы цифровыми камерами Vanguard Infrared. Установка на гибкий, дистанционно управляемый кронштейн таких инфракрасных камер повысит качество осмотра ходовой части в труднодоступных местах, особенно в условиях недостаточной освещенности.

В целях расширения диагностических функций в конструкцию робота добавлен магнитопорошковый дефектоскоп с компактным намагничивающим устройством. Прибор позволит выявлять микротрещины в колёсных парах вагона, что расширит возможности применения робота. Также предполагается использовать ультразвуковой дефектоскоп для обнаружения дефектов в деталях из различных металлических и неметаллических материалов методами неразрушающего контроля.

Специально разработанные алгоритмы управления манипулятором позволяют обнаруживать и классифицировать дефекты в недоступных для осмотра местах. Благодаря этому измеряемые сигнатуры могут быть преобразованы в полезную информацию без выкатки тележек.

Посредством монтажа нескольких консолей на одной платформе очередность действий осмотрщика преобразуется в серию последовательно выполняемых манипуляций на пульте управления робототехнического комплекса. Для этого необходимо выполнить минимальные технические мероприятия. Поскольку посадочные места для дополнительных приборов предусмотрены на этапе резервирования опций для расширения функциональных свойств, появляется возможность повысить качество технического осмотра подвижного состава. Становится доступным контроль излома оси колесной пары, осевой шейки или внутренней стороны колеса, контроль дефектов поверхности катания колес подвижного состава, фиксация изломов боковой рамы вагонной тележки, обнаружение трещин в автосцепных устройствах, проверка исправности рычажной тормозной системы и воздухораспределителей. Следует отметить, что робот-осмотрщик позволяет осуществлять как мониторинг технического состояния отдельных узлов и деталей грузовых вагонов, так и собирать информацию о выявленных дефектах в автоматическом режиме, с передачей данных результатов контроля в ПТО в режиме онлайн. Цифровизация позволяет осуществлять разработку управляющих программ для роботов-осмотрщиков. При этом процесс отрабатывается не на физических вагонах, а на виртуальных (электронных) эталонах дефектов, что минимизирует риски поломки оборудования и необнаружения бракованных деталей. Создание на основе технологии Интернета вещей (Internet of Tsings, IoT) цифровых двойников объектов контроля позволит резко повысить эффективность осмотра и ремонтных работ.

Благодаря объединению и совмещению данных по дефектам и системы счета осей в проверяемом составе реализуется возможность конкретной локализации вагонной оси или боковой рамы тележки с дефектом. Роботизированные системы заменяют участие человека в ряде монотонных, трудоемких операций осмотра ходовой части вагона, помогают экономить материалы и время. Достоинством предложенной технологии является многократное увеличение числа измерений дефектов подвижного состава в отличие от ручного осмотра, когда осуществляется в большинстве случаев однократное измерение в дискретных точках ходовой части вагонов. Робот-осмотрщик на 40–50 % сокращает время осмотра состава вагонов и снижает потребность в отдельных приспособлениях и инструментах для контроля технического состояния подвижного состава.

УДК 656.025.4

ПРОБЛЕМАТИКА ПЕРЕВОЗОК СВЕРХНОРМАТИВНЫХ И НЕГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ

С. М. ВАСИЛЬЕВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В последние годы во всем мире наблюдается увеличение количества перевозок изделий, размеры и вес которых считаются превышающими стандартные. В то же время состояние коммуникационной сети становится всё более неудовлетворительным для осуществления перевозки негабаритных грузов. Затруднения в транспортировке связаны как с габаритами, весом так и с размером осевых нагрузок. Причиной проблемных перевозок грузов также является текущая тенденция использования строительных элементов, ограничивающих проезд транспортных средств. Это включает в себя проектирование различных типов перекрестков с круговым движением, сужение дорог и создание лежачих полицейских на сквозных дорогах в населенных пунктах, модификацию дорог для обеспечения безопасной езды на велосипеде и другие подобные мероприятия.

В настоящее время разработана и введена в действие Европейская директива, которая рекомендует всем государствам – членам ЕС построить общеевропейскую сеть коридоров для перевозки негабаритных грузов. Данная инициатива направлена на решение проблемы перевозок в рамках транспортной инфраструктуры городов с точки зрения устойчивости дорожных сетей для обеспечения проезда негабаритных грузов.

Оценка пригодности железнодорожного транспорта для перевозки тяжеловесных и негабаритных грузов чаще всего связана с предельными значениями нагрузки и размера груза. В железнодорожном транспорте, используемом в странах Европейского союза, негабаритным и тяжеловесным считается груз, масса которого превышает 60 т, длина – 14 м (превышает длину стандартной платформы), ширина – 3,25 м, высота − 4 м. Максимально допустимая грузоподъемность, которая может перевозиться по железной дороге, – до 500 т. На данный параметр влияет существующая нагрузка на железнодорожный мост на маршруте. Эти ограничения применяются на большинстве железных дорог, но в некоторых странах, где старая инфраструктура недостаточно улучшена, могут быть более жесткими. Если параметры тяжеловесных и негабаритных грузов не превышают этих пределов, то железнодорожный транспорт является наилучшим вариантом для перевозки грузов на средние и большие расстояния. Стандартный вес груза, перевозимого автомобильным транспортом, − 20–24 т, но железные дороги могли перевозить грузы до 500 т (определяется грузоподъёмностью самого большего существующего типа железнодорожных транспортеров).

Особое внимание при планировании перевозки уделяется устойчивой, безопасной и экономичной транспортной инфраструктуре. Критерии, по которым оценивается маршрут и процессы транспортировки тяжеловесных и негабаритных грузов, можно разделить на две группы. Одна из групп критериев имеет временные, а другая − денежные измерения. Такая ситуация позволяет разработать систему, обеспечивающую объективную оценку процессов перевозки тяжеловесных и негабаритных грузов, сравнивая различные виды транспорта, сегменты маршрута и технологии перегрузки грузов.

Ряд требований предъявляется к транспортным средствам: технически безопасно; без негативных последствий или минимально активной транспортной инфраструктуры; обеспечивает максимальную скорость транспорта; оказывает минимальное негативное воздействие на окружающую среду, людей.

Согласно действующим правилам железнодорожных перевозок длинномерные грузы, выходящие за пределы концевой балки вагонов более чем на 400 мм, перевозят на сцепах с опорой на один (рисунок 1, *а*), два (рисунок 1, *б*) или три (рисунок 1, *в*) вагона.

Для транспортировки на сцепе длинномерного груза с опорой его на два вагона могут применяться подвижные и неподвижные турникеты. Холостой ход верхней балки подвижной турникетной опоры позволяет гарантировать сохранность груза от разрыва и сжатия при движении сцепа платформ в железнодорожных кривых (на поворотах), а также в моменты соударения платформ, возникающих при торможении и старте железнодорожного состава, таким образом, достигается повышенная надежность и безопасность при перевозке длинномерных грузов. При этом вес груза не должен превышать грузоподъёмностей опорного вагона (стандартные платформы имеют грузоподъёмность до 73 т) и применяемого турникета.

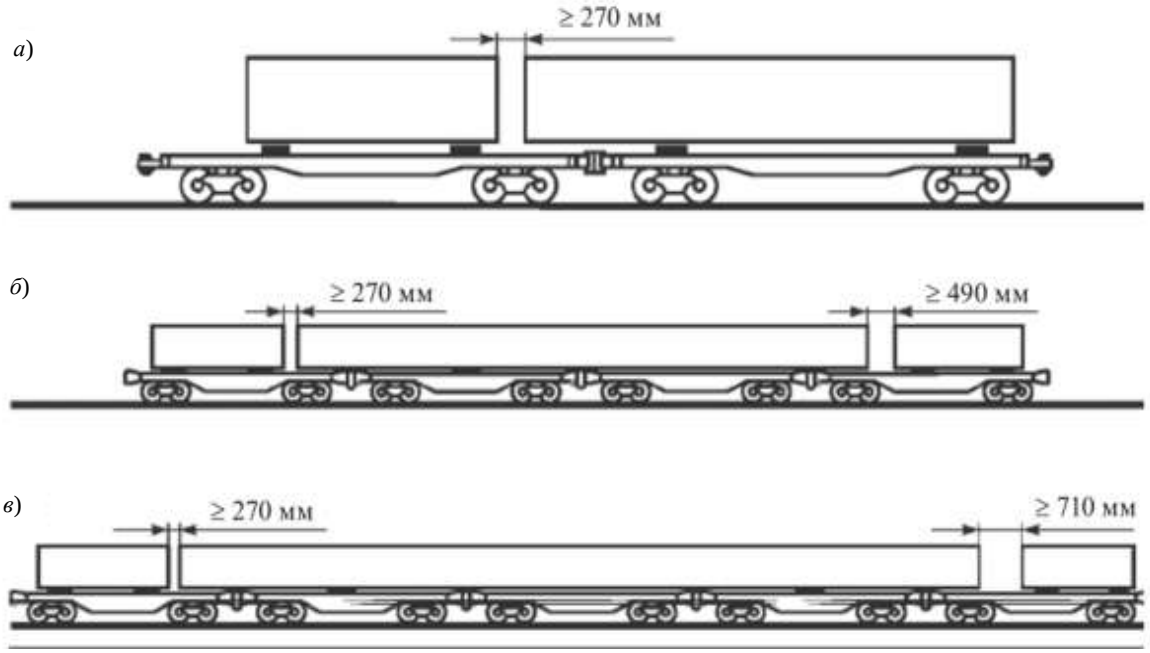


Рисунок 1 – Расстояния между концами грузов на платформах прикрытия:
а – сцеп с опорой на один вагон; *б* – сцеп с опорой на два вагона; *в* – сцеп с промежуточной платформой прикрытия

С целью увеличения грузоподъёмности перевозимых длинномерных грузов возможно применение вместо стандартных вагонов платформенных транспортеров (рисунок 2). Однако потребуется разработка и производство новых типов турникетных опор повышенной грузоподъёмности, которых в настоящее время нет.

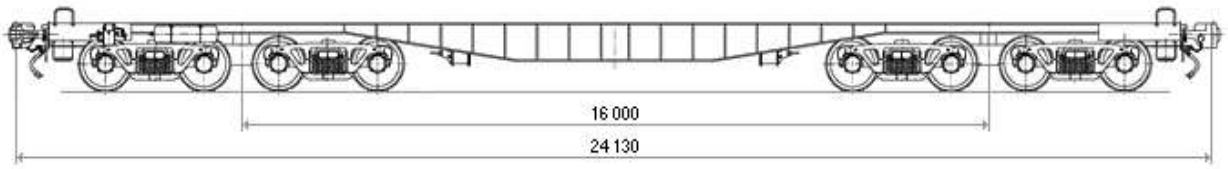


Рисунок 2 – Платформенный транспортёр, модель 14-6055 тип 3935, грузоподъёмность 120 т

Данное техническое решение позволит решить проблему перевозки сверхнормативных и негабаритных грузов до 240 т и длиной до 75 м.

Развитие ветроэнергетики с применением лопастей больших размеров и веса, изготовленных из пластикатов, имеющих повышенную хрупкость, требует разработки новых технических решений, доставки таких устройств от производителя к местам установки.

Учитывая значительное влияние на транспортную инфраструктуру, экономическую сложность таких перевозок как для перевозчиков, так и для инвесторов и, как следствие, влияние на конкурентоспособность производимой продукции и транзитной привлекательности нашей страны, данная тематика является перспективной.

Список литературы

1 Инструкция по перевозке негабаритных и тяжеловесных грузов на железных дорогах государств – участников СНГ, Латвийской Республики, Литовской Республики, Эстонской Республики. – М., 2001. – 156 с.

2 Деятельность Европейской комиссии в области железнодорожного транспорта. – Женева, 2018. – 8 с.

УДК 629.4.014.7

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ УЗЛА «ПЯТНИК – ПОДПЯТНИК» В ВАГОНАХ-ПЛАТФОРМАХ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ

С. М. ВАСИЛЬЕВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. В. ПИЩИК
ООО «Новая логистическая», г. Москва, Российская Федерация

На сети железных дорог колеи 1520 (1524) мм наблюдается интенсивный рост контейнерных перевозок и стремительное увеличение парка вагонов-платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров. В таких условиях наиболее остро стоит вопрос обеспечения безопасного проследования контейнерных поездов. Особенно важно обеспечить безопасность их движения по транспортному общеевропейскому коридору № 2 (в пределах Республики Беларусь железнодорожная линия пролегает по направлению Брест – Минск – Орша – Осиновка).

Значительное количество парка вагонов-платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров работает по единичному критерию календарной продолжительности эксплуатации вагона. Принимая во внимание интенсивность контейнерных перевозок, следует отметить, что пробег вагонов на момент поступления в первый плановый ремонт в среднем составляет более 350 тыс. км Необходимо подчеркнуть, что заводы-изготовители вагонов и узлов и деталей несут гарантийную ответственность до первого планового ремонта (не более трех лет либо 210 тыс км пробега). Данное условие связано с эксплуатационной надежностью, регламентировано ГОСТ на комплектующие и техническими условиями на вагоны.

При интенсивной эксплуатации подвижного состава особое внимание требуется уделять узлу «пятник – подпятник». Необходимо отметить, что от состояния данного узла напрямую зависит безопасность движения поездов.

Пятниковые узлы подвергаются значительным ударным, вибрационным и статическим воздействиям. Зачастую работают без смазывания, в сильно запыленной, а иногда и абразивной среде, при переменных влажности и температуре. Изнашивание опорной и цилиндрической поверхностей пятникового узла в эксплуатации характеризуется значительной неоднородностью.

Установлено, что на интенсивность изнашивания трибосопряжения «пятник – подпятник» влияют неоптимальное сочетание материалов трущихся деталей и режим трения, абразивные частицы, попадающие в зону трения, рост кромочных давлений с динамическим характером приложения нагрузки.

Количественной относительной характеристикой износа является интенсивность изнашивания [1].

Основными факторами, влияющими на изнашивание опорной и цилиндрической поверхностей пятникового узла, являются:

– особенности конструкции вагона;

– нарушение правил погрузочно-разгрузочных работ;

– отклонения в содержании верхнего и нижнего строения пути;

– загрузка вагона сверх грузоподъемности.

Основной причиной обрыва (ослабления крепления) пятника является нарушение технологии монтажа его на раму вагона при постройке и последующих плановых ремонтах.

Опыт эксплуатации вагонов показывает, что выявление ослабления крепления и трещин пятника возможно при выполнении технического обслуживания вагонов на пунктах технического обслуживания, а износ контактирующих поверхностей пятника и подпятника – только при проведении ремонта с выкаткой тележек из-под вагона.

За 2020 год в текущий отцепочный ремонт на железных дорогах стран СНГ и Балтии по неисправности «ослабление крепление пятника» (код 607 отраслевого Классификатора «Основные неисправности грузовых вагонов» К ЖА 2005 05) было отцеплено 3,0 тыс. вагонов парка Российской Федерации (+48,2 % к 2019 г.) [2]. В первом полугодии 2021 года по аналогичной неисправности зафиксирована отцепка 0,77 тыс. вагонов парка РФ (+9,5 % к 2020 г.) [3]. Стабильное увеличение отцепок вагонов по данной неисправности, на наш взгляд, требует повышения качества монтажа пятников при постройке и плановых видах ремонта вагонов, а также усиления контроля за состоянием данного узла со стороны работников вагонного хозяйства.

Рисунок 1 – Обрыв болта крепления пятника

Выявление отклонений в работе узла «пятник – подпятник» – одна из основных задач осмотрщиков-ремонтников вагонов и вагонных мастеров (бригадиров). В этой связи не будет лишним отметить, что большая часть нарушений безопасности движения, как свидетельствует статистика, происходит по вине человека-исполнителя. Это происходит из-за несоблюдения требований нормативных документов, касающихся ремонта подвижного состава, недисциплинированности, некомпетентности и отсутствия должного уровня знаний [4].

Считаем, что работу по выявлению ослабления крепления и трещин пятников необходимо максимально автоматизировать и упростить для осмотрщиков-ремонтников вагонов. Выявление данной неисправности визуальным осмотром влечет за собой значительные трудозатраты исполнителей, велика доля человеческого фактора.

В этой связи необходимости отметить эффективность применения Автоматизированной системы обнаружения вагонов с отрицательной динамикой (АСООД), которая используется на сети ОАО «Российские железные дороги». Данная система положительно зарекомендовала себя в эксплуатационной деятельности. По данным эксплуатационного вагонного депо Северобайкальск – структурного подразделения Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры – структурного подразделения Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД», подтверждается более 95 % тревожных показаний АСООД [5]. Активное внедрение данной системы на маршрутах курирования контейнерных поездов позволит обеспечить безопасность движения и предиктивно выявлять отклонения в работе узлов вагонов, в том числе узла «пятник – подпятник».

Список литературы

1 **Зин, Э. М.** Оценка ресурса пятниковых узлов в зависимости от условий эксплуатации грузовых вагонов на железных дорогах Мьянмы : дис. … канд. техн. наук: 05.22.07 / Э. М. Зин; Московский государственный университет путей сообщения МГУПС (МИИТ). – М., 2014. – 180 с.

2 **Макаров, А. С.** Отцепки грузовых вагонов в неплановый ремонт за 2020 г. / А. С. Макаров // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2021. – № 1 (65). – С. 19–21.

3 **Агафонов, М. С.** Отцепки грузовых вагонов в неплановый ремонт в I квартале 2021 г. / М. С. Агафонов // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2021. – № 2 (66). – С. 12–13.

4 **Пищик, Ф. П.** Безопасность движения на железнодорожном транспорте : практикум / Ф. П. Пищик. – Гомель, БелГУТ, 2010.

5 **Ринчинов, С.** Стрельба по предотказам / С. Ринчинов // Гудок. – 2017. – 13 сентября.

УДК 629.4.027.115

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ БУКСОВЫХ УЗЛОВ

Д. И. ВОЛОШИН
Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

Буксовый узел является одним из важнейших элементов вагона с точки зрения обеспечения его надежности в целом. Согласно многолетним статистическим данным, он занимает второе место после тормозного оборудования по отказам в эксплуатации и прямо влияет на количество внеплановых отцепок и последующего технического обслуживания и ремонта вагонов.

Надежность буксового узла, как технической системы, преимущественно зависит от состояния блока подшипников. На надежность подшипников влияет большое количество факторов: внешние условия эксплуатации, состояние смазочных материалов, герметичность корпуса, особенности монтажа и демонтажа, качество входного контроля составных частей в процессе технического обслуживания и ремонта и т. п. Подшипниковые элементы воспринимают статические и динамические нагрузки, которые передаются на железнодорожный путь от кузова вагона в порожнем и нагруженном состоянии при разных режимах эксплуатации. Наличие знакопеременных нагрузок при прохождении стыков железнодорожного пути и вхождении вагонов в кривые участки колеи создают предпосылки к возникновению большого количества эксплуатационных отказов и повреждений буксового узла. Важным фактором, который оказывает влияние на возникновение отказов, являются и ошибочные действия обслуживающего персонала при проведении технического обслуживания и ремонта вагонов. Подшипник в собранном виде может иметь несоответствие радиальных и осевых зазоров, что приводит к накоплению повреждений, а в дальнейшем и к отказу всего буксового узла.

Для исследования фактического состояния надежности подшипниковых узлов было предложено использование метода «Дерева отказов». Его инструментарий позволяет провести детальный анализ факторов, которые могут оказывать влияние на возникновение повреждений и отказов отдельных элементов. «Дерево отказов» лежит в основе разработки логико-вероятностных моделей причинно-следственных связей отказов сложных систем с отказами их элементов и другими событиями (влияниями). Анализ возникновения отказов состоит из последовательностей и комбинаций различных событий и следующих за ними отказов системы (рисунок 1). Таким образом «дерево» представляет собой многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, полученных в результате наблюдения опасных ситуаций в обратном порядке, для того чтобы отыскать возможные причины их возникновения [1].

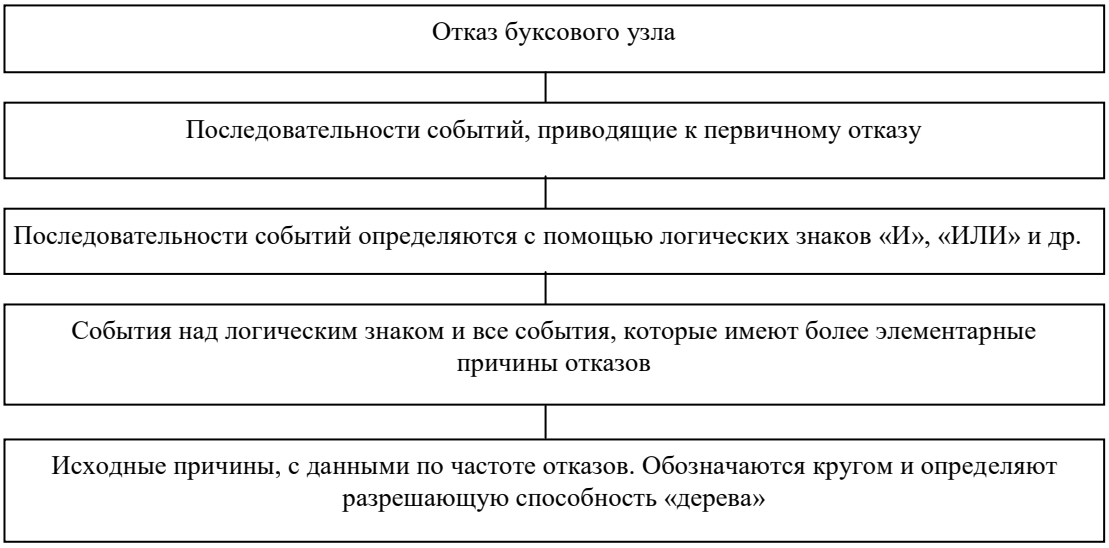


Рисунок 1 – Основная структура «дерева отказов»

Использование данного метода позволяет иметь в распоряжении исследователей действенный механизм оценки фактического уровня надежности буксовых узлов вагонов. На основе моделирования сценариев поведения узла в эксплуатации становится возможной разработка новых вариантов конструктивных решений с учетом обеспечения определенных параметров надежности.

Отказ буксового узла в эксплуатации может возникнуть по разным причинам и развиваться во времени по различным сценариям. С целью уменьшения количества отказов в работающем узле необходимо обнаружить все существующие виды отказов и формализовать их математическое описание [2]. Начальным шагом проведения количественного анализа разработанной модели, является построение эквивалентной «ветви дерева» (рисунок 2), где элементарным событиям в соответствие поставлены независимые переменные упорядоченного от элементарных отказов числового ряда X_1, X_2, X_3 ….. X_n. Здесь $X = (X_1, X_2, \ldots, X_n)$ – вектор состояний исходного события, а бинарный вспомогательный параметр H_i – это структурная функция для конечного события. При этом $H_i = 1$, когда исходное событие происходит, и $H_i = 0$, когда исходное событие не происходит.

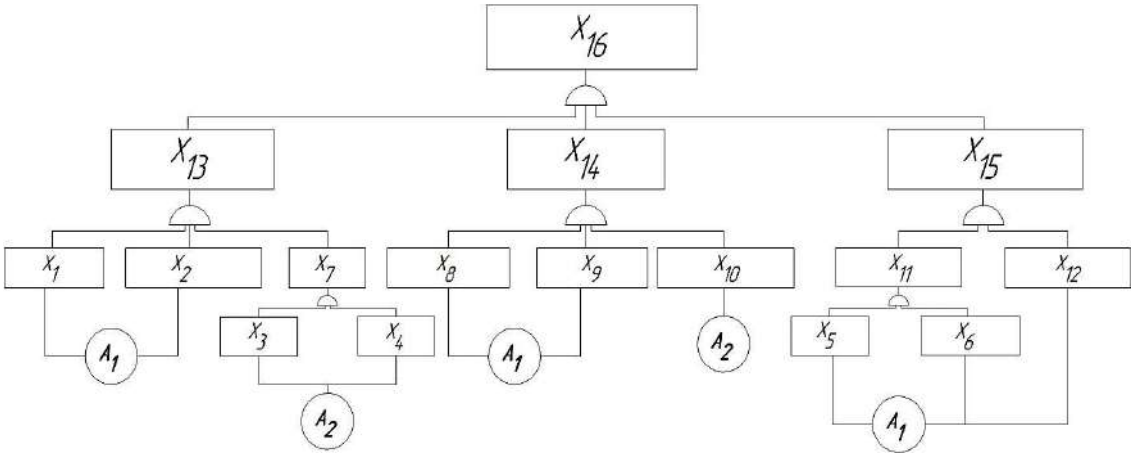


Рисунок 2 – Пример модели «дерева отказов» для события «Отказ герметичности буксового узла»

Структурная функция для события с логическим знаком «И» в математическом виде будет иметь вид

$$H_i = \prod_{i=1}^{n} X_i = X_1 \cdot X_2, \ldots, X_n.$$

А структурная функция для события с логическим знаком «ИЛИ»

$$H_i = 1 - \prod_{i=1}^{n} [1 - X_i] = 1 - [1 - X_1] \cdot [1 - X_2] \ldots [1 - X_n].$$

В результате проведенных расчетов были определены вероятности отказов основных элементов буксового узла: корпуса буксы (вероятность отказа 0,36), подшипникового узла (вероятность отказа 0,87) и торцевого крепления (вероятность отказа 0,26). Как видим, надежность подшипников узла имеет значительное влияние на надежность буксы в целом. Поэтому для повышения уровня надежности актуальной научно-технической задачей является разработка и внедрение новых конструкций буксовых узлов.

Список литературы

1 **Хенли, Э. Дж.** Надежность технических систем и оценка риска / Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото ; под общ. ред. д-ра техн. наук В. С. Сыромятникова. – М. : Машиностроение, 1984. – 528 с.

2 **Райншке, К.** Оценка надежности систем с использованием графов / К. Райншке, И. А. Ушаков ; под ред. проф. И. А. Ушакова. – М. : Радио и связь, 1988. – 208 с.

УДК 656.22 : 349.25

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВАГОННОГО ХОЗЯЙСТВА

В. Г. ГИЗАТУЛЛИНА, В. Ф. РАЗОН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

О. В. ВОРОБЕЙ
Белорусская железная дорога, г. Минск

Оценка эффективности использования трудовых ресурсов имеет для предприятий железнодорожного транспорта важное значение, так как расходы на оплату труда вместе с отчислениями на социальные нужды составляют более 50 % эксплуатационных расходов.

Показателем, позволяющим оценить, эффективно ли используются трудовые ресурсы в каждом подразделении железной дороги, является производительность труда. Самая достоверная информация о величине производительности труда в подразделении может быть получена, если используется соотношение объема работы в натуральных измерителях и численности работников. Данный подход к расчету показателя возможен только тогда, когда в подразделении создается однородная продукция или выполняется однородная работа, количество которой выражается одной величиной.

Для предприятий вагонного хозяйства характерно выполнение огромного количества разноплановых работ, каждая из которых количественно оценивается разными натуральными единицами измерения. Поэтому в данных подразделениях железной дороги целесообразно применять условно-натуральный способ расчета производительности труда, при котором объем работы измеряется с помощью приведенных единиц.

Исторически для предприятий вагонного хозяйства использовался показатель «объем работы в приведенных вагонах». Для расчета объема работы в приведенных вагонах главным является использование соответствующих коэффициентов приведения, которые и позволяют интегрировать весь разноплановый объем работ. Коэффициент приведения представляет собой коэффициент, позволяющий суммировать объемы выполняемых видов работ с разными натуральными единицами измерения.

Для определения коэффициентов приведения необходимо иметь информацию о нормах времени на выполнение каждой работы (трудоемкости работы).

Коэффициенты приведения для каждого из всех видов выполняемых работ ($K_{\text{пр}i}$) определяются как отношение трудоемкости (нормы времени) *i*-го вида работ ($\text{Н}_{\text{вр}i}$) к трудоемкости (нормы времени) работ, принятого в качестве базовой ($\text{Н}_{\text{врб}}$):

$$K_{\text{пр}i} = \text{Н}_{\text{вр}i} / \text{Н}_{\text{врб}}.$$

Проведенный детальный аналитический обзор норм времени на все виды выполняемых работ в вагонных депо позволил определиться с вариантом выбора их величин:

– вариант первый: используются типовые нормы;

– вариант второй: используются местные нормы;

– вариант третий: используются и типовые, и местные нормы.

Вне зависимости от выбора варианта использования величин нормы времени следующим главным моментом является выбор вида работ и соответственно трудоемкости его выполнения в качестве базовой величины.

Использованная ранее российская методика определения производительности труда в вагонном хозяйстве в качестве базовой величины предлагала принимать **норму времени на деповской ремонт 4-осного полувагона**. В данном исследовании сохранен подход к данному виду работ и его трудоемкости, принимаемой в качестве базовой величины для последующего расчета коэффициентов приведения по всем видам работ, выполняемых в вагонных депо.

В таблице 1 приведены расчеты по определению коэффициентов приведения, которые осуществляются для всех видов работ, выполняемых в депо. В качестве исходной информации принимается первый вариант – использование типовых норм времени.

Таблица 1 – **Расчет коэффициентов приведения для работ по деповскому ремонту грузовых вагонов**

Вид работ	Типовая норма времени, чел·ч	Расчет коэффициента приведения	Величина коэффициента приведения
Полувагон 4-осный цельнометаллический:			
– с нормальным объемом	87,518	87,518 / 87,518	1,00
– с повышенным объемом	92,896	92,896 / 87,518	1,06
Полувагон-хоппер для перевозки горячих окатышей, агломерата	86,519	86,519/87,518	0,99
Хоппер-дозатор	85,889	85,889 / 87,518	0,98
Крытый 4-осный цельнометаллический:			
– с нормальным объемом	88,842	88,842 / 87,518	1,02
– с повышенным объемом	93,412	93,412 / 87,518	1,07
Крытый 4-осный с деревянной обшивкой кузова:			
– с нормальным объемом	91,792	91,792 / 87,518	1,05
– с повышенным объемом	98,462	98,462 / 87,518	1,12
Хоппер для перевозки цемента	85,127	85,127 / 87,518	0,97
Хоппер для перевозки зерна	85,497	85,497/ 87,518	0,98
Хоппер для перевозки минеральных удобрений	96,687	96,687 / 87,518	1,10
Платформа для перевозки крупнотоннажных контейнеров	80,162	80,162 / 87,518	0,92
Цистерна 4-осная	85,634	85,634 / 87,518	0,98
…			

Рассчитанные таким образом коэффициенты приведения ($k_{пр}$) позволяют далее определить объем выполненных работ в приведенных вагонах соответствующего предприятия вагонного хозяйства:

$$V_{пр} = \sum k_{прi} V_i,$$

где $k_{прi}$ – коэффициент приведения i-го вида работ; V_i – объем работы i-го вида работ в соответствующих единицах измерения.

Следует отметить, что по многим видам работ, выполняемых в депо, отсутствуют типовые нормы времени. Для таких случаев подход к расчету коэффициентов приведения сохраняется, но вместо типовых используются нормы времени, установленные в вагонных депо. Необходимым условием при этом является равенство трудоемкости на выполняемые работы во всех депо.

Список литературы

1 **Гизатуллина, В. Г.** Экономика предприятий отраслевых хозяйств железной дороги / В. Г. Гизатуллина, Е. В. Бойкачева. – Гомель : БелГУТ, 2019 – 225 с.

2 Себестоимость железнодорожных перевозок и тарифы : учеб. пособие / В. Г. Гизатуллина, Е. В. Бойкачева. – Гомель : БелГУТ, 2016 – 301 с.

УДК 629.463.08

АНАЛИЗ ТРУДОЕМКОСТИ РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В ДЕПО БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В. Г. ГИЗАТУЛЛИНА, В. Ф. РАЗОН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. Н. КАЛЬНИЦКИЙ
Белорусская железная дорога, г. Минск

Характерной особенностью производственных процессов на транспорте является их расчлененность во времени и в пространстве, при этом одни процессы выполняются в стационарных условиях, а другие – на открытом пространстве. В составе производственных процессов на железнодорожном транспорте выделяется множество технологических процессов, которые осуществляются

на всех этапах пространственного перемещения грузов и пассажиров, обеспечивая полную сохранность грузов и безопасность пассажиров.

Для осуществления технологических операций, определяющих процесс перевозки и составляющих основу его единого технологического процесса, требуется участие многих предприятий отраслевых хозяйств (структурных подразделений отделения). На предприятия вагонного хозяйства возложены следующие технологические операции:

– обеспечение исправного состояния парка грузовых вагонов для достижения безопасности движения;

– операции по контролю технического состояния парка вагонов в пути следования.

Выполнение указанных технологических операций определяет впоследствии затрату всех видов ресурсов и, прежде всего, трудовых. Именно оценке эффективности использования трудовых ресурсов на предприятиях вагонного хозяйства было посвящено исследование, результаты которого освещаются в настоящих тезисах.

На первом этапе исследования была дана оценка видов выполняемых работ, относимых к эксплуатационной деятельности на предприятиях вагонного хозяйства Белорусской железной дороги и их трудоемкости. Работы данного этапа осуществлялись в следующем порядке:

– рассылка разработанного задания о показателях, необходимых для проведения исследования по предприятиям вагонного хозяйства железной дороги;

– обработка полученной исходной информации из 14 предприятий вагонного хозяйства обо всех видах выполняемых работ и их трудоемкость по каждому изучаемому предприятию. В исследовании участвовали 12 вагонных депо: Барановичи, Брест, Витебск, Волковыск, Гомель, Жлобин, Минск, Могилев, Молодечно, Осиповичи, Орша, Полоцк – и две промывочно-пропарочные станции: Барбаров и Новополоцк;

– анализ обработанных данных и принятие последующих решений по формированию перечня видов работ, включаемых в расчеты коэффициентов приведения, использование которых необходимо при определении производительности труда.

Разработанное задание для рассылки содержало конкретный перечень видов работ, выполняемых предприятиями вагонного хозяйства. Следует отметить, что в перечень было включено более 150 позиций, по которым впоследствии разрабатываются показатели и коэффициенты для расчета производительности труда.

На этапе обработки, прежде всего, осуществлялась проверка полученной информации, которая была представлена в виде:

– утвержденных технолого-нормировочных карт по каждой технологической операции или виду выполняемых работ;

– составленных, проверенных и согласованных хронометражно-нормировочных карт;

– нормы времени на работы, выполняемые промывочно-пропарочными станциями.

Далее полученная информация из всех депо была сведена в едином информационном документе, в виде таблицы, где нашли отражение почти 2000 наименований видов работ, по каждой из которых указана либо типовая норма времени, либо норма времени, разработанная непосредственно на предприятии.

Проведенная первичная обработка исходной информации, полученной от предприятий вагонного хозяйства, позволила отметить следующие ее особенности:

1 Одинаковые по содержанию работы имеют неодинаковое наименование в разных депо. При этом в перечне работ используются термины «полная ревизия роликовых букс», «промежуточная ревизия роликовых букс», которые отсутствуют в нормативных документах по ремонту колесных пар (см. «Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм. РД ВНИИЖТ 27.05.01-2017»). В некоторых депо пользуются упрощенными наименованиями работ, которые не раскрывают их истинного содержания.

2 Детальный анализ позволил выявить большое различие между трудоемкостью одинаковых по содержанию работ в различных депо. При этом в отдельных депо трудоемкость работ, которые характеризуются как «типовые нормы», не соответствует типовым нормам, полученным из ЦРНТ.

3 Трудоемкость деповского ремонта вагонов, полученная из депо и ЦРНТ, меньше, чем трудоемкость, указанная в документе «Нормы технологического проектирования депо по ремонту грузовых вагонов, ВНТП 08-90 МПС, дата введения 1992-07-01». Причина может быть в том, что в ин-

формации депо и ЦРНТ указана не вся трудоемкость ремонта вагонов, а только ее часть, а именно трудоемкость ремонта в вагоносборочном участке депо.

4 Установлено, что на такую работу, как техническое обслуживание вагонов, величина нормы времени в обследованных депо устанавливается по-разному: либо на один вагон, либо на поезд в целом.

5 Информация по трудоемкости некоторых работ, полученная от одного и того же депо в разное время, различается по величине. Кроме того, информация по трудоемкости некоторых работ, полученных из ВЧД Минск для сетевых вагонов и вагонов ИВД, значительно различается; также в этом депо трудоемкость некоторых работ, в части «выполняемых работ» и в части «предлагаемых для расчета производительности» значительно различается.

6 В вагонных депо Жлобин, Могилев, Молодечно, Полоцк отсутствует информация о работе, выполняемой при подготовке вагонов к перевозкам. Следует отметить, что в указанных вагонных депо данная технологическая операция названа несколько некорректно. Согласно Номенклатуре расходов железной дороги в настоящее время операция называется подготовка вагонов к перевозке, а не подготовка вагонов к погрузке. Трудоемкость указанной операции в этих вагонных депо соответствует типовым нормам.

7 Наиболее полно и детализировано отражена трудоемкость плановых видов ремонта вагонов в ВЧД Барановичи. Эти нормы предлагается принять за основу в последующих исследованиях и при расчетах соответствующих показателей производительности труда.

Проведенная обработка исходных данных и последующий анализ информации позволили установить, что за редким исключением весь комплекс работ, характерный для данных подразделений, с учетом их специализации и функции в единой технологии процесса перевозок, и обозначенный в разосланном перечне, в основном выполняется. Что касается трудоемкости их выполнения, то есть различия в их величине по депо и отклонения от типовых норм.

Анализ использования типовых норм времени на исследуемых предприятиях показал, что они используются не во всех депо и не на всех работах. Типовые нормы в основном используются при ремонте колесных пар, магнитопорошковом контроле деталей вагонов, проведении технического обслуживания грузовых и пассажирских вагонов на ПТО, их текущем ремонте, а также при подготовке грузовых вагонов к перевозкам.

В результате обработки, полученной из предприятий вагонного хозяйства, информации и последующего анализа были сделаны **следующие выводы**:

– при выполнении деповского и капитального ремонтов необходимо использовать единые укрупненные нормы времени, охватывающие весь комплекс технологических операций дифференцировано по типам вагонов и градациям объема ремонтных работ: с нормальным объемом работ, с повышенным объемом работ, с восстановлением крыши и стен кузова вагона;

– при текущем отцепочном ремонте вагонов предлагается использовать среднюю трудоемкость работ, отдельно учитывая возможную замену колесных пар;

– при отсутствии типовых норм времени считаем целесообразным использование разработанных в депо норм времени при условии, что каждая норма будет единой для всех депо.

УДК 539.1+621.3:629.4

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАДИАЦИОННОМ КОНТРОЛЕ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

А. П. ГОРЕВА
Институт Белжелдорпроект, г. Минск, Республика Беларусь

О. В. ХОЛОДИЛОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Литые детали тележек грузовых вагонов и в частности боковые рамы относятся к наиболее нагруженным и ответственным деталями. Излом боковой рамы, во время движения, в большинстве случаев вызывает сход поезда.

Как и во всех литых деталях, в боковых рамах присутствуют специфичные дефекты, обусловленные способом их изготовления. Если в боковой раме присутствует значительный дефект литья, попадающий в нагруженные сечения рамы, то он является очагом зарождения усталостных трещин и рама будет разрушена с вероятностью 80 % в течении двух лет с момента начала эксплуатации.

Анализ научно-технической литературы свидетельствует, что для обнаружения дефектов литья в боковых рамах наиболее эффективным является радиационный метод контроля.

В течение более 125 лет, прошедших после открытия рентгеновских лучей, их применение для НК основывалось на использовании рентгеновской пленки и специальных пленочных систем (промышленная радиография) и позднее – на использовании рентгенооптических преобразователей (промышленная радиоскопия). По сути оба эти метода получения изображений являются аналоговыми, хотя в последнее время с развитием компьютерной техники в промышленной радиографии нашла применение техника оцифровки пленочных изображений с целью уменьшения затрат на содержание архивов, а в промышленной радиоскопии стали применять цифровые телевизионные камеры высокого разрешения. Хотя и ту, и другую технологии можно назвать цифровыми (используется компьютер и специальное программное обеспечение) [1].

В настоящее время появились цифровые технологии, замещающие пленку с требуемым качеством изображения. Мотивацией замены обычно является уменьшение стоимости вследствие уменьшения времен экспозиции и уменьшения стоимости хранения, уменьшения требуемых рабочих площадей и исключения химии из процесса обработки. Такими технологиями являются:

− компьютерная радиография;

− цифровая радиография (ЦР).

Эти направления можно было бы объединить, назвав их «*цифровыми (бесплёночными) технологиями в радиографическом контроле*». То есть это технологии, при которых:

− рентгеновское изображение так или иначе преобразуется в цифровой сигнал;

− поступая на ПК, цифровые сигналы преобразуются в двухмерные массивы данных (сами рентгенограммы и так называемые метаданные);

− полученные файлы доступны для длительного хранения (на ПК, на переносном носителе типа SD-карты или на удалённом сервере) и для последующей обработки программными средствами.

Рассмотрим возможности новых цифровых технологий, сравнив их с возможностями пленочной радиографии. При этом для начала рассмотрим классификацию существующих детекторов рентгеновского излучения.

Под *детектором ионизирующего излучения* понимается чувствительный элемент средства измерений, предназначенный для преобразования энергии ионизирующего излучения в другой вид энергии, удобный для регистрации и (или) измерения одной или нескольких величин, характеризующих воздействующее на детектор излучение. Другими словами, детектор – это носитель рентгеновского изображения, которое ещё называют снимком (радиограммой, рентгенограммой).

Рентгеновская пленка до сих пор является наиболее широко используемым в промышленности детектором рентгеновского излучения в силу хорошо отработанной законодательной базы применения во всех отраслях промышленности, существующей инфраструктуры применения (фотолаборатории, оборудование, обученный персонал и т. п.). Однако объемы применения пленки с каждым годом уменьшаются в связи с развитием новых методов регистрации рентгеновских изображений.

В компьютерной радиографии для получения изображения вместо пленки применяются *запоминающие пластины*, специальные гибкие пластины многократного использования. Кассеты с такими пластинами имеют типовые для рентгеновской пленки размеры, например, 18×24, 18×30, 24×30, 35×43 см, а также аналоги рулонных пленок. Возможна также резка пластин, т. е. считывание и других размеров. Для запоминания изображений в пластине используется слой с фотостимулируемой памятью – сложное химическое соединение. Чаще всего используются соединения типа BaFBrxI1-x:Eu2+.

На практике наиболее часто используются *детекторы непрямого преобразования*. Они отличаются тем, что рентгеновские кванты сначала взаимодействуют со сцинтиллятором с образованием фотонов света, а затем свет преобразуется или сразу в электрический сигнал, как в плоскопанельных детекторах, или в поток электронов в рентгеновском электронно-оптическом преобразователе (РЭОП), который создает видимое изображение на выходном люминофорном экране.

Детекторы непрямого преобразования получили распространение в цифровой радиографии в виде панелей на основе аморфного кремния (aSi). В них используются сцинтилляторы из CsI или Gadolinium Oxisulfide, которые преобразуют рентгеновское излучение в видимый свет. Этот свет затем конвертируется в заряд сенсорами из аморфного кремния.

Компьютерная радиография (КР, CR) начала использоваться около 25 лет назад в медицине для замены пленки. Это технология радиографического контроля, при которой в качестве детектора используются «фосфорные» запоминающие пластины (ЗП, IP) многоразового использования (кавычки означают, что на самом деле в состав запоминающих пластин химический элемент фосфор не входит).

Под запоминающей пластиной подразумевается фотостимулируемый люминесцентный материал, способный хранить скрытое рентгеновское изображение объекта контроля. Под действием источника красного цвета (лазера) с соответствующей длиной волны (400 нм) он генерирует люминесценцию (свечение) пропорционально поглощённому излучению. Стирание снимка происходит при длине волны лазера 500–700 нм.

Запоминающая пластина рентгеновского излучения – это многоразовый носитель рентгенограмм, полученных в результате прохождения через объект контроля. После просвечивания пластину помещают в специальный сканер, который считывает снимок, передаёт его на ПК и стирает старое изображение. После этого ЗП вновь готова к экспонированию.

Компьютерная радиография более прогрессивна по сравнению с традиционной плёночной, т. к. позволяет увеличить производительность контроля, избавляет от «мокрой» фотохимической обработки и необходимости тратиться на дополнительные материалы и оборудование.

Цифровая радиография также была использована в первую очередь для замены пленки в медицине. Разработанные для этой цели цифровые детекторные системы (ЦДС) оказали революционизирующее влияние на радиологическую технику. Эти детекторы позволили развить новые, основанные на компьютерных технологиях, приложения. Эти технологические и алгоритмические разработки оказались применимы также и для использования в НК. Имеются в виду новые технологии калибровки ЦДС, которые позволяют практически полностью избавиться от их собственных шумов. Такие возможности отсутствуют у пленочных систем и систем КР с ЗП. Поэтому ЦДС имеют самый низкий уровень шумов в радиографии и открывают путь к новым приложениям, где требуются чрезвычайно высокие чувствительность и контраст изображения в сочетании с возможностью контроля слабых изменений радиационной толщины [2].

Важными являются экономические преимущества ЦДС перед классической пленочной техникой. Гораздо более быстрый процесс обработки и интерпретации при высоком качестве изображения приводит к существенному выигрышу во времени по сравнению с пленкой и другими методами НК.

Список литературы

1 **Майоров, А. А.** Цифровые технологии в радиационном контроле / А. А. Майоров // В мире НК. – 2007. – № 1 (35). – С. 5–12.

2 **Клюев, В. В.** Современные средства и методы цифровой радиационной дефектоскопии / В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин // В мире НК. – 2007. – № 1(35). – С. 52–56.

УДК 629.4:621.333

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОХЛАЖДЕНИЯ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ТЕПЛОВОЗОВ

А. В. ГРИЩЕНКО, И. Г. КИСЕЛЁВ, Д. Н. КУРИЛКИН, М. А. ШРАЙБЕР
Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация

Введение. При работе силовых полупроводниковых приборов (СПП) возникают потери, которые преобразуются в тепловую энергию и приводят к их нагреву. Потери в СПП можно условно разделить на основные и дополнительные. Основные обусловлены падением напряжения на СПП при протекании прямого тока нагрузки. Дополнительные потери складываются из потерь от обратного тока, при включении и выключении прибора, а также от прямого тока утечки.

Все потери выделяются в виде теплоты в кремниевом диске СПП, что приводит к значительному повышению его температуры, которая не должна превышать максимальных допустимых значений: 140–190 °С – для диодов и 110–125 °С – для тиристоров. Чтобы обеспечить нормальный тепловой режим СПП необходимо непрерывно отводить теплоту, возникающую в приборе. Отвод теплоты от СПП осложняется тем, что кремниевый диск имеет небольшие размеры и значительную плотность теплового потока до 100–120 Вт/см^2. Все это требует применения специальных эффективных охлаждающих устройств с интенсивными процессами теплообмена и развитыми поверхностями теплоотвода.

Способы охлаждения СПП. Температурные режимы работы СПП определяются двумя факторами: условиями окружающей среды и количеством теплоты, выделяемой полупроводниковым элементом. Теплота, выделяемая полупроводниковой структурой, отводится через корпус элемента на охладитель и далее в окружающую среду. Поскольку охладитель имеет конечные размеры, его температура всегда выше температуры окружающей среды. Эта разность зависит от размера, формы и материала охладителя, величины коэффициента теплового сопротивления (КТС) и способа охлаждения. Главной целью работы охладителя всегда является обеспечение температуры кремниевой структуры полупроводникового прибора на допустимом уровне.

Способам охлаждения СПП посвящено большое количество работ, в которых подробно описывается влияние размеров, массы и формы конструкции охладителя на способность эффективно отводить теплоту. На рисунке 1 представлена классификация систем охлаждения СПП по общим принципиальным признакам [1].

Для полупроводниковых преобразовательных установок (ППУ) малой мощности применяют, как правило, воздушное охлаждение с помощью естественной и принудительной конвекции. Охлаждающие устройства для воздушного охлаждения представляют собой оребрённые элементы с сильно развитой поверхностью, в комплект которых входят токопроводящие шины к СПП и крепежные детали. Сами охладители изготавливаются из стандартных прессованных алюминиевых профилей, имеющих разнообразное сечение.

Рисунок 1 – Классификация систем охлаждения СПП

Жидкостное охлаждение позволяет рассеивать бóльшие мощности, чем воздушное охлаждение. Охладители водяной системы охлаждения имеют два штуцера для входа и выхода жидкости. Внутренняя полость охладителя чаще всего изготавливается в виде сложного лабиринта для повышения эффективности охлаждения. Для таблеточных СПП поверхность водяных охладителей плоская, а для штыревых силовых приборов конструкция жидкостного охладителя содержит резьбовое отверстие для крепления прибора.

Заметное снижение массогабаритных показателей шкафа ППУ на сверхвысокие предельные токи можно получить, применив более эффективный способ отвода теплоты из локальной зоны полупроводниковой структуры СПП. В качестве такого способа, предложена система охлаждения с применением двухфазных термосифонов (ДТС) [2]. Передача теплоты при таком способе охлаждения осуществляется в замкнутом испарительно-конденсационном цикле. ДТС представляет собой

полую герметичную конструкцию, заполненную промежуточным теплоносителем – дистиллированной водой или фреонами (рисунок 2).

Обладая достаточно большой поверхностью теплообмена с воздухом, системы испарительно-воздушного охлаждения способны догнать и превзойти системы водяного охлаждения по показателям отвода и рассеивания выделяемой в СПП теплоты. Таким образом, проблема повышения единичной мощности ППУ и их экономичности тесно связана с проблемой отвода теплоты от СПП и массогабаритными характеристиками охлаждающих устройств.

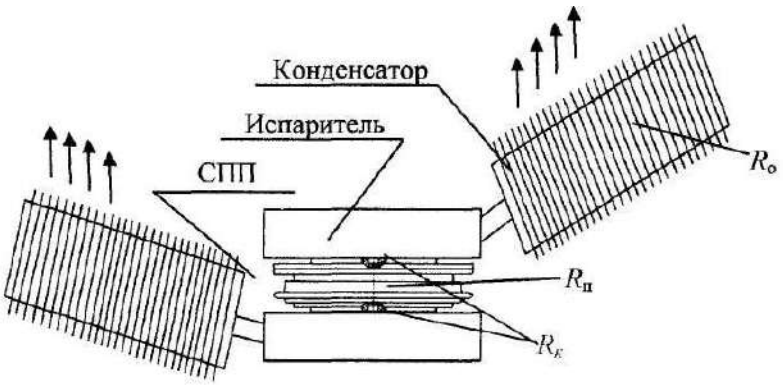


Рисунок 2 – Схема силового блока с двусторонним испарителъно-воздушным охлаждением на основе ДТС: $R_п$ – тепловое сопротивление «полупроводниковая структура – корпус прибора»; $R_к$ – тепловое сопротивление «корпус прибора – контактная поверхность охладителя»; $R_о$ – тепловое сопротивление «охладитель – окружающая среда»

Данное обстоятельство подтверждается рекламными материалами компаний ОАО «Электровыпрямитель», SEMIKRON, IXYS, EPCOS AG, Электрум АВ, ЗАО «Компел», Shenzhen Poweria Electronics Technology Co., ГНУ «Институт Порошковой Металлургии», НИИ НПО «Луч», КНТЦ «Алюминиевые тепловые трубы».

Исследование контактного теплообмена. В процессе проектирования и создания новых конструкций полупроводниковых преобразовательных установок (ППУ) возникает необходимость учета не только электрических, но и термических сопротивлений контакта – $R_к$, возникающих в разъемных соединениях «СПП – охладитель». Наличие КТС между соприкасающимися шероховатыми поверхностями снижает эффективность отвода теплоты охладителем и приводит к увеличению общего температурного перепада в составных деталях выпрямительного блока, что может существенно повлиять на работоспособность СПП. В настоящее время имеется большое количество работ по исследованию контактного теплообмена.

Известно, что металлические поверхности, подвергнутые механической обработке, могут иметь микронеровности и волнистость. При соединении таких поверхностей нельзя достигнуть идеального контакта. В связи с этим на пути теплового потока через зону раздела встречаются микроконтактные площадки, как правило, равномерно расположенные по всей номинальной поверхности касания при контакте плоскошероховатых поверхностей или расположенные в контурных областях при контакте поверхностей с волнистостью.

С учетом того, что теплопроводность контактирующих металлических тел на порядок и более превосходит теплопроводность среды в межконтактном пространстве, значительная часть теплового потока стягивается к площадкам фактического контакта, а часть при наличии теплопроводящей среды проходит через нее.

Передача теплоты в межконтактном пространстве осуществляется в основном теплопроводностью, а при высоких температурах в вакууме – излучением. Ввиду очень малой толщины межконтактного пространства конвекция отсутствует.

Контактный теплообмен, несмотря на кажущуюся простоту процесса переноса теплоты через зону сопряжения твердых поверхностей, оказался достаточно сложным процессом, требующим учета всевозможных факторов, которые влияют на КТС в зоне контакта СПП и охладителя [3].

В процессе решения данной задачи созданы математические модели, которые позволяют определить значения удельного КТС двух соприкасающихся поверхностей СПП и охладителя, с учетом шероховатости поверхностей и усилий сжатия между ними.

На базе полученных зависимостей был произведен анализ контактного термического сопротивления в условиях упругой деформации микронеровностей контактирующих поверхностей. В ре-

зультате расчетных исследований получен ряд зависимостей контактного термического сопротивления от контактного давления при различных значениях шероховатости поверхности (0,32–2,5 мкм) для следующих контактных поверхностей в парах «СПП – охладитель»; «охладитель из алюминиевого сплава АД31 – СПП с медной контактной поверхностью» (рисунок 3).

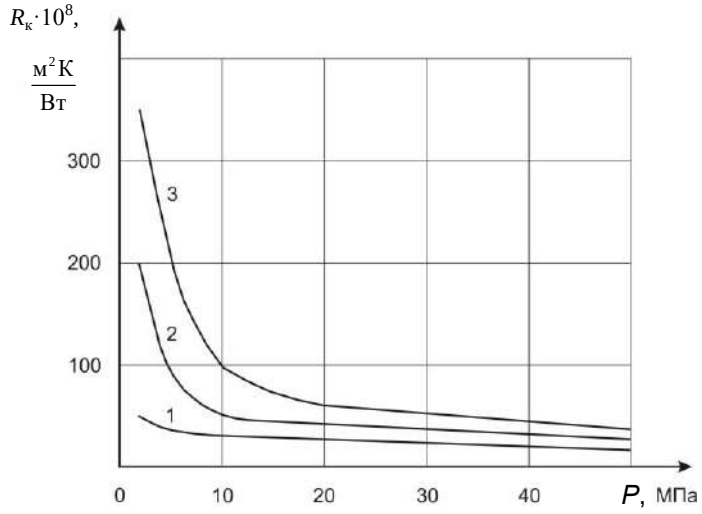


Рисунок 3 – Зависимость $R_к = f(P)$ при T = 393 К для пары АД31 – медь:
1 – при $R_{АЭ}$ = 0,3 мкм; *2* – при $R_{АЭ}$ = 0,5 мкм; *3* – при $R_{АЭ}$ = 0,63 мкм

Анализ полученных зависимостей показывает, что с увеличением давления число контактных пятен и фактическая площадь контакта возрастают, приводя к снижению термического сопротивления, при этом чем меньше шероховатость поверхностей, тем при меньших значениях давления можно добиться максимальной интенсивности контактного теплообмена. Следует отметить, что значительное снижение контактного термического сопротивления для каждой контактной пары происходит лишь для определенной величины давления, после которой дальнейшее увеличение нагрузки (более 20–30 МПа) не дает желаемого эффекта снижения контактного термического сопротивления и поэтому теряет смысл.

Одновременно были произведены расчетные исследования и построены зависимости изменения контактного термического сопротивления для оценки степени влияния различных материалов, размещаемых в зоне контакта (термопаста и прокладки) (рисунок 4).

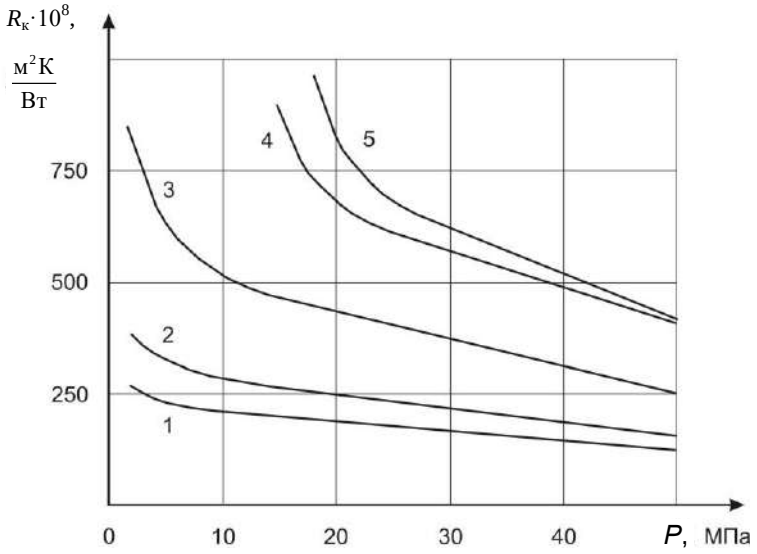


Рисунок 4 – Зависимость $R_к = f(P)$ при T = 393 К для контактной пары «никелированный охладитель – СПП с никелированной поверхностью»:
1 – межконтактная среда – термоклей К-1; *2* – межконтактная среда – термопаста КТ-8; *3* – межконтактная среда – иридиевая прокладка; *4* – межконтактная среда – оловянная прокладка; *5* – межконтактная среда – воздух

Из приведенных зависимостей видно, что применение теплопроводящих паст КПТ-8 и клея К-1 приводит к существенному снижению контактного термического сопротивления более чем в три раза. Применение оловянных и иридиевых прокладок для контактной пары «СПП – охладитель» с никелированными поверхностями не привело к сильному снижению контактного термического сопротивления. Более того, при обоюдном контакте медных поверхностей применение легкодеформируемых теплопроводящих прокладок снижает отвод теплоты от СПП в два и более раза. Это связано с тем, что при использовании оловянных прокладок возникает двойной контакт: «СПП – прокладка» и «прокладка – охладитель».

Заключение. Предложенная методика определения контактного теплового сопротивления позволяет решить две задачи: прямую и обратную. Решение первой задачи позволяет при известных значениях давлений и шероховатости контактных поверхностей найти значение удельного контактного термического сопротивления. Решение второй задачи связано с определением необходимого давления для создания наиболее эффективных условий теплообмена между СПП и охладителем.

Список литературы

1 **Киселёв, И. Г.** Эффективные способы охлаждения силовых полупроводниковых приборов / И. Г. Киселёв, А. И. Исакеев, В. В. Филатов. – Л. : Энергоиздат, 1982. – 136 с.

2 **Буянов, А. Б.** Исследование контактного теплового сопротивления в системах СПП – охладитель / А. Б. Буянов, С. И. Степанов, В. И. Крылов // Известия ПГУПС. – 2007. – № 4. – С. 107–114.

3 **Киселёв, И. Г.** Математическое моделирование контактного теплообмена в полупроводниковых преобразовательных установках железнодорожного транспорта / И. Г. Киселёв, Д. В. Крылов // Известия ПГУПС. – 2012. – № 1. – С. 66–71.

УДК 621.86, 625.144.5/.7

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ ШПАЛОУБОРОЧНОГО КОМПЛЕКСА

В. А. ДОВГЯЛО, В. Л. МОИСЕЕНКО, Д. С. ПУПАЧЁВ, К. В. МАКСИМЧИК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Погрузочно-разгрузочные операции являются важнейшей частью любого технологического процесса. От уровня их механизации и грамотной организации зависит итоговая скорость выполнения, производительность и безопасность данных работ. Как следствие, это побуждает к разработке и применению погрузочных машин, ведущих к сокращению численности рабочих, задействованных при погрузке и разгрузке, уменьшению простоев транспортных средств и предохранению грузов от произвольного падения [1]. Особенно это важно при осуществлении грузовых операций на железнодорожном транспорте в процессе загрузки и выгрузки вагонов (платформ) в местах проведения путевых работ по содержанию и ремонту верхнего строения пути.

В данных условиях проводимые работы ограничены продолжительностью «окон» – времени, в течение которого прекращается движение поездов (кроме хозяйственных поездов и подачи вагонов рабочего парка на перегон для выгрузки в «окно») по перегону, отдельным путям перегона или станции для производства ремонтных и строительно-монтажных работ [2]. При этом при выполнении путевых работ стремятся реализовать т. н. оптимальное «окно», соответствующее такому отрезку времени закрытия перегона, при котором все расходы на производство работ и простой поездов будут минимальными. На практике «окна» предоставляют на период от 2–4 часов, но не более 24 часов (для «окон» большой продолжительности). А выполнения этих сроков невозможно достичь без применения специальных погрузочно-разгрузочных машин и комплексов.

Стоит отметить, что при осуществлении капитальных ремонтов пути, связанных с комплексной заменой или обновлением верхнего строения, нашли применение специализированные путеукладочные составы на базе укладочных кранов типа УК-25 [3]. Но при проведении средних и подъемочных ремонтов [4], связанных с заменой компонентов пути, в частности негодных или дефектных шпал и скреплений, предусмотренных проектной документацией, возникают сложности при выполнении грузовых операций и транспортировке последних либо к месту проведения ремонтных работ, либо на базы хранения (машинные станции, дистанции пути). Это обусловлено тем, что ко-

личество сменяемых дефектных компонентов может достигать значительного количества, исходя из максимальной эпюры шпал до 2000 шт./км [5], а стандартных средств доставки и погрузки/разгрузки, часто представленных мотовозами и автомотрисами, которые оборудованы грузоподъемными кранами и специализированными грузовыми площадками, бывает не достаточно по причине их компоновки и небольших габаритных размеров. Кроме того, шпалы являются штучными грузами, которые характеризуются сложностью перевозки, погрузки и выгрузки, необходимостью применения прогрессивных транспортно-технологических схем и комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ [6].

Поэтому на Белорусской железной дороге нашли применение специализированные шпалоуборочные комплексы (или ШУК), разработкой документации на которые занимались специалисты кафедры «Транспортно-технологические машины и оборудование» УО «БелГУТ».

Отмеченный комплекс предназначен для выполнения погрузочно-разгрузочных работ, осуществляемых после операций по укладке верхнего строения пути. Конструктивно он представляет собой надстройку с крановой установкой, смонтированную на вагоне-платформе, оборудованном роликовыми транспортерами типа УСО (рисунок 1). Неотъемлемым компонентом комплекса является подвижная погрузочная рама, перемещаемая по указанным выше роликовым транспортерам. Его технические характеристики представлены в таблице 1.

Надстройка *1* комплекса представляет собой раму сварного типа, состоящую из металлических профилей переменного сечения, фиксируемую на платформе вагона *8* с комплектом роликов УСО *10* при помощи сварки, а также скоб *11* и болтовых соединений *12*.

На надстройке *1* размещается крановая установка *5*. Она состоит из колонны, стакана с консольной стрелой, посаженного на колонну при помощи радиальных и опорных подшипников. Для осуществления непосредственной работы крана используются механизмы поворота *2* и подъема (лебедка) *3*.

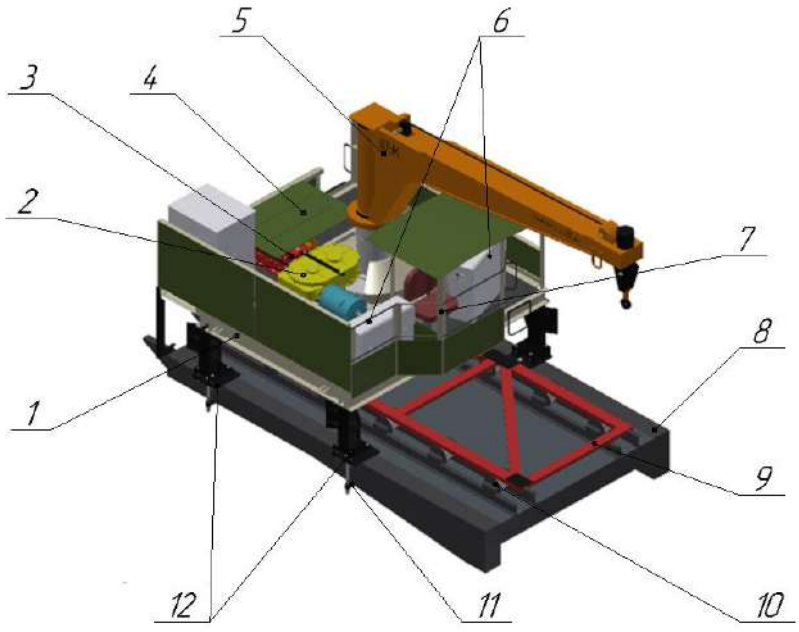


Рисунок 1 – Общий вид комплекса ШУК (вагон-платформа и погрузочная рама показаны условно):
1 – надстройка; *2* – механизм поворота; *3* – механизм подъема; *4* – откидная крышка; *5* – крановая установка; *6* – пульты управления; *7* – место оператора; *8* – вагон-платформа; *9* – погрузочная рама; *10* – ролики; *11* – скоба; *12* – болтовое соединение

Механизм подъема состоит из электродвигателя, цилиндрического редуктора, барабана, электромагнитного колодочного тормоза, обводных блоков, и грузовой обоймы. Для предохранения механизма подъема от перегрузок установлен ограничитель грузоподъемности. Максимальная грузоподъемность составляет 1,5 тонны. Для защиты от осадков механизм подъема закрыт сверху откидной крышкой *4*.

Таблица 1 – **Техническая характеристика разработанного комплекса**

Показатель	Значение
Модель вагона	13-401
Грузоподъемность, т	63,0
Масса тары вагона, т	21,0
Ширина колеи, мм	1520
Модель 2-осной тележки	18-100
Максимальная грузоподъемность крановой установки, т	1,5
Высота подъема груза от УГР, м, до	4,0
Вылет стрелы крановой установки, м	3,85
Тип крановой установки	Полноповоротная
Тип привода	Электрический
Питание крановой установки	От моторной платформы или других внешних источников
Напряжение сети, В	220
Ток сети	Постоянный
Категория размещения крановой установки	У1
Температура эксплуатации, °С	–20...+40
Масса надстройки с крановой установкой, т, не более	11,0

Механизм поворота состоит из электродвигателя, цилиндрическо-червячного редуктора и муфты. Выходная шестерня редуктора находится в зацеплении с зубчатым колесом, посаженным на нижнюю часть стакана. При повороте зубчатого колеса вместе с ним поворачивается и стакан со стрелой. Кран полноповоротный.

Для управления механизмами крановой установки используются пульты *6* (подъема/опускания груза и поворота стрелы соответственно), расположенные непосредственно возле места оператора *7*. Для доступа к месту оператора надстройка и вагон-платформа снабжены лестницами. Также на надстройке смонтировано электрооборудование в виде силовых шкафов. Питание комплекса – от моторной платформы МПД-2 или внешних источников.

При транспортировке крановая установка фиксируется от самопроизвольного перемещения тросовыми растяжками (раскосами) с винтовыми стяжками и постановкой пальца в отверстие в зубчатом колесе механизма поворота.

Ввиду ограниченного вылета стрелы крановой установки *5* для обеспечения оптимальной загрузки платформы материалами применяется специальная погрузочная рама *9*, перемещаемая по роликам УСО за счет своей конструкции, выполненной в форме салазок. В процессе работы рама подается в зону погрузки и далее постепенно перемещается путем перетяжки ее края на второй вагон-платформу с унифицированным съемным оборудованием. При этом порталы унифицированного съемного оборудования сварены между собой и образуют ограждение в виде обрешетки для безопасной транспортировки шпал, а рама фиксируется от самопроизвольного перемещения при помощи откидных упоров и цепей.

Список литературы

1 **Ридель, Э. И.** Погрузочно-разгрузочные машины на железнодорожном транспорте : учеб. для техникумов / Э. И. Ридель. – М. : Транспорт, 1978. – 383 с., ил.

2 СТП БЧ 15.302-2014. Техническая спецификация участков инфраструктуры. Порядок формирования. – Введ. 31.10.2014. – Минск : Белорусская железная дорога, 2014. – 22 с.

3 Разработка эксплуатационной документации для укладочного крана УК-25/28СП / В. А. Довгяло [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. : в 5 ч. Ч. 5 / под ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель, 2020. – С. 52–55.

4 Путевые машины : учеб. / М. В. Попович [и др.] ; под ред. М. В. Поповича, В. М. Бугаенко. – М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2009. – 820 с.

5 Железнодорожный путь : учеб. / Е. С. Ашпиз [и др.] ; под. ред. Е. С. Ашпиза. – М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013. – 544 с.

6 **Батищев, И. И.** Организация и механизация погрузочно-разгрузочных работ на автомобильном транспорте : учеб. для автотрансп. техникумов / И. И. Батищев. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1988. – 367 с.

УДК 629.4.027.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЫЧАЖНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ПОТЕЛЕЖЕЧНОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ГРУЗОВОГО ВАГОНА

С. Г. ИНАГАМОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Совершенствование конструкции грузовых вагонов является важной инженерной задачей, направленной на повышение надежности и улучшение технико-экономических характеристик транспортных средств.

Оценена возможность применения унифицированной тормозной рычажной передачи с расположением на тележке при использовании серийно изготавливаемых цилиндров ТЦР-10-40, ТЦР-10-85 и 670В. С учетом зарубежного и отечественного опыта проектирования таких систем определена оптимальная компоновка рычажной передачи с цилиндрами 670В, позволяющая применять тормозные колодки различной толщины, используемые на железнодорожном грузовом подвижном составе РФ, Республики Беларусь, Республики Узбекистан [1].

Применение тормозных систем с размещением исполнительного механизма непосредственно на тележке является перспективным направлением в тормозостроении и вагоностроении в целом, поскольку появляются новые возможности, связанные с использованием подвагонного пространства, повышением КПД тормоза [1, 2, 5], а также возможной унификацией оборудования.

Появление в настоящее время грузовых вагонов с повышенными осевыми нагрузками и скоростями движения [3, 4] при развитии и совершенствовании железных дорог требует улучшения характеристик основных подсистем вагонов, в том числе тормозного оборудования, для которого эффективность торможения и отсутствие юза при безотказной работе служат ключевыми параметрами.

Поэтому сокращение элементов тормозных рычажных передач, уменьшение габаритных размеров и массы тормозной системы в конструкции вагона до минимума на сегодняшний день является актуальной задачей. Для ее решения была разработана схема потележечной тормозной системы грузовых вагонов (рисунок 1). Данная система повышает коэффициент полезного действия рычажной передачи и обеспечивает более равномерное распределение нажатий на тормозные колодки. Это предотвращает быстрый износ колодок.

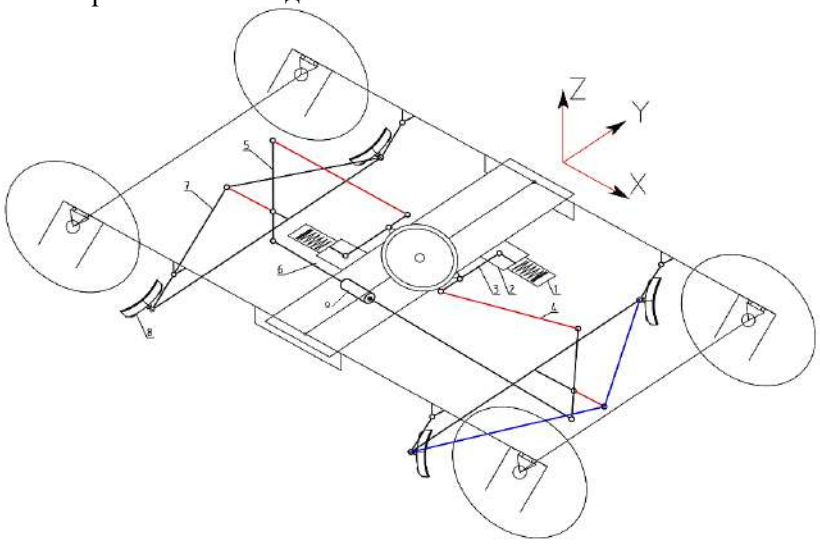


Рисунок 1 – Схема тормозной системы тележки грузового вагона:
1 – тормозной цилиндр со встроенным регулятором для каждой оси; *2* – детали крепления тормозного цилиндра; *3, 4* – горизонтальная тормозная рычажная передача; *5* – вертикальная тормозная рычажная передача; *6* – нижняя тяга; *7* – триангель; *8* – колодка; *9* – затяжка

Потележечная тормозная система позволяет уменьшить передаточное отношение рычажной передачи и уменьшить время на прижатие тормозных колодок в процессе торможения.

Сущность предлагаемой схемы поясняется чертежом, где изображена схема раздельной тормозной системы (тормозной цилиндр, тормозная рычажная передача интегрированы в тележку грузового вагона). На кузове вагона размещены воздухораспределитель, авторежим, запасный резервуар и трубопроводы с соединительной арматурой, а тормозной цилиндр, рычажная передача находятся на тележке.

Наиболее близким аналогом для такой схемы будет являться система WAB COPAC производства компании Wabtec [6, 7].

Тормозная система состоит из двух тормозных цилиндров *1* со встроенным регулятором. Цилиндры закреплены на надрессорной балке с помощью трёх болтов, двух горизонтальных элементов *3, 4* для каждого тормозного цилиндра и нижней тяги *6*, двух триангелей, соединенных через распорки с отверстиями вертикальных рычагов *5*, тормозных колодок *8*, закрепленных на неповоротных башмаках *7* триангелей. Крепление *2* крепится с одной стороны на надрессорную балку, с другой – на тормозной цилиндр. При этом шток тормозного цилиндра направляется в сторону надрессорной балки, двигая конец, прикрепленный к горизонтальному рычагу. Горизонтальный рычаг *3* соединяет шток тормозного цилиндра шарнирами с надрессорной балкой креплением *2*. Затяжка *9* соединяет две раздельные системы нижними концами вертикальных рычагов, обеспечивает равномерную нагрузку при торможении.

Разработанная схема потележечной тормозной системы позволяет устранить износ валиков, обеспечивает более равномерное распределение нажатий на тормозные колодки. Это предотвращает быстрый износ колодок и позволяет повысить тормозную эффективность грузового вагона в условиях повышенных скоростей на железной дороге и надежность эксплуатации подвижного состава.

Список литературы

1 **Синицын, В. В.** Вариант применения цилиндра со встроенным регулятором рычажной передачи в тормозной системе тележки грузового вагона / В. В. Синицын, В. В. Кобищанов, В. И. Сакало // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2017. – № 4 (57). – С. 58–64.

2 **Бороненко, Ю. П.** Стратегические задачи вагоностроителей в развитии тяжеловесного движения / Ю. П. Бороненко // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 5. – С. 68–73.

3 Конструкция тележки с осевой нагрузкой 27 тс с интегрированной тормозной системой / А. М. Орлова [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2018. – № 7. – С. 61–67.

4 **Никитин, Г. Б.** Новое в развитии автотормозной техники / Г. Б. Никитин, А. В. Казаринов, И. В. Назаров // Железнодорожный транспорт. – 2008. – Вып. 4. – С. 62–64.

5 **Voloshin, D.** Improvement of brake lever transmission for dump cars / D. Voloshin, I. Afanasenko, I. Derevianchuk // TRANSBUD-2019 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 708. – 2019. – 012037. – P. 1–5.

6 WABCOPAC. Brake Assembly [Electronic resource]. – Mode of access : http://techinfo.wabtec.com/DataFiles/Leaflets/WABCOPAC.pdf . – Date of access : 24.09.2021.

7 US3499507 A Int. Cl. B61h 13/00; F16D 65/38, 65/52 U.S. Cl. 188-52 Railway car truck brake apparatus and adjusting means / Daniel G. Scott, F. Temple; the applicant: Westinghouse Air Brake Co. filed 22.10.1968; patented 10.03.1970.

УДК 629.4.023.14

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КУЗОВА ВАГОНА-САМОСВАЛА МОДЕЛИ 31-656

В. В. КОМИССАРОВ, С. А. СКОРОХОДОВ, В. С. ПАЦУКЕВИЧ, П. М. АФАНАСЬКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. В. ПУТЯТО
Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, г. Гомель

Большая часть парка грузовых вагонов-самосвалов, курсирующих по сети Белорусской железной дороги, выработала свой нормативный срок службы, установленный производителем. В большинстве случаев у вагонов, рассматриваемой модели срок службы уже превышает полуторный. У собственников специализированного подвижного состава зачастую отсутствует возможность обновления парка вагонов, поэтому необходимо определить остаточный ресурс несущих металлоконструкций подвижного состава, выработавшего полуторный срок службы.

В связи с проявившимся дефицитом подвижного состава специализированного типа Советом по железнодорожному транспорту стран СНГ и Балтии было принято решение о частичном отказе от регламентированных нормативных сроков службы для тех единиц подвижного состава, индивидуальный ресурс которых позволяет продолжить их эксплуатацию. На подвижной состав, находящийся в собственности у резидентов Республики Беларусь, распространяется действие СТБ-2534-2018 «Железнодорожный подвижной состав. Порядок продления срока службы. Общие положения», согласно которому грузовым вагонам может быть продлен срок службы свыше полуторного, но не более двойного, основным критерием продления срока службы является наличие остаточного ресурса у вагона, который оценивается по специально разработанным методикам. Стоит отметить, что проблема оценки ресурса вагонов, выработавших нормативный срок службы, актуальна не только для Республики Беларусь [1].

Сотрудниками отраслевой научно-исследовательской лаборатории «Технические и технологические оценки ресурса единиц подвижного состава» разработан подход к оценке остаточного ресурса вагонов-самосвалов, который включает в себя ряд процедур, представленных в [2]. В рамках проведения работ по пятому этапу оценки технического состояния вагона-самосвала после длительной эксплуатации [2]. Предусмотрено проведение натурных испытаний на растяжение, сжатие, соударение и испытаний по сбросу с клиньев.

Испытательным центром железнодорожного транспорта БелГУТа, на основании выполненных ранее расчетов прочности кузова вагона для установления соответствия конструкции актуальным требованиям прочности [3], разработана схема установки тензометрических датчиков в контрольных точках, которые показаны на рисунке 1.

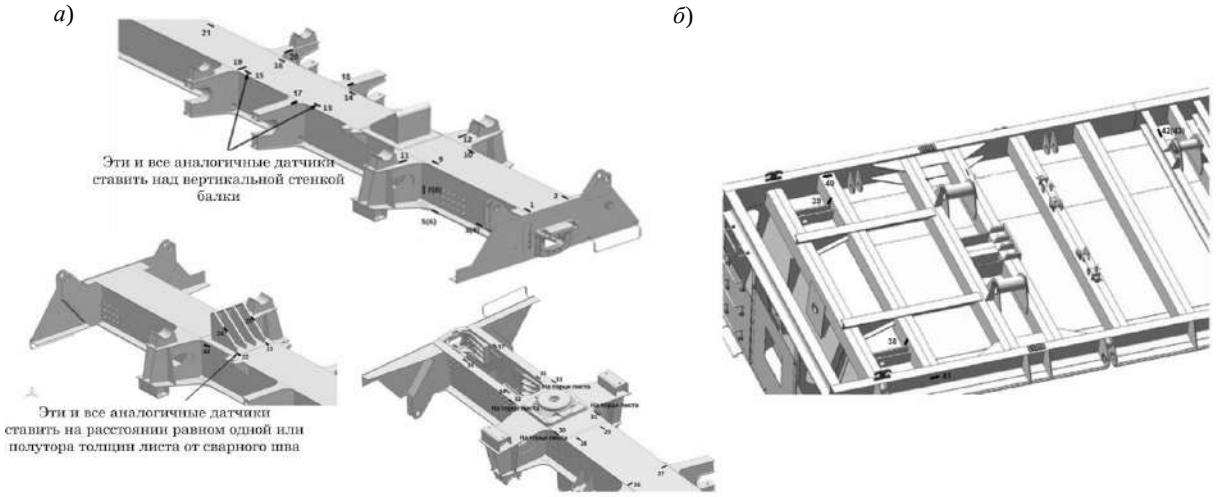


Рисунок 1 – Схема наклейки тензометрических датчиков:
а – нижняя рама вагона-самосвала; *б* – верхняя рама вагона-самосвала (вид снизу)

Испытания на прочность от действия продольных статических нагрузок растяжения-сжатия проводились на стенде, оборудованном гидравлическим нагружающим устройством. Нагрузка прикладывалась ступенчато, полный цикл нагружения при сжатии производился по схеме 0-2500-0 с шагом в 500 кН. Полный цикл нагружения при растяжении – 0-2000-0 с шагом в 500 кН. Испытания для каждого вида нагружения производились по три раза.

Перед проведением испытаний на соударение испытуемый вагон был загружен песком до полной грузоподъемности (60 тонн). В течение всего процесса погрузки вагона регистрировались напряжения, возникающие в результате давления груза на элементы вагона. Ударные испытания выполнялись путем соударения вагона-бойка с испытываемым вагоном в груженом состоянии, также использовалось три вагона подпора. Полученные напряжения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – **Напряжения от действия ударных нагрузок и воздействия груза в момент загрузки вагона**

В мегапаскалях

Номер тензорезистора	Загрузка	Сила удара, кН							
		1125	1645	2183	2105	2307	2569	2487	2727
5	29,1	106,2	182,9	170,8	186,2	130,0	154,7	132,8	154,4
14	37,7	42,3	88,2	65,6	75,3	119,1	167,2	173,3	182,8
27	–40,2	68,7	81,2	98,8	109,5	121,4	93,3	106,6	133,5
28	21,0	103,3	134,0	164,6	179,1	179,1	172,7	176,4	163,3
29	13,4	96,4	100,2	138,6	143,0	139,8	117,0	115,2	132,8
30	19,5	87,0	138,4	161,8	172,1	184,0	195,5	199,3	194,0
31	6,6	70,9	72,8	103,4	103,1	106,1	88,3	82,9	97,5
32	30,4	89,4	147,4	199,0	195,5	226,5	214,1	235,0	290,8
33	33,0	99,2	198,7	227,7	234,8	223,3	231,9	250,1	253,3

При проведении испытаний по сбросу с клиньев регистрировались амплитудные значения напряжений, а также коэффициент вертикальной динамики подрессоренных частей вагона-самосвала $k_{дв}$.

После окончания всего цикла натурных испытаний специалистами ОНИЛ «ТТОРЕПС» был произведен заключительный осмотр вагона-самосвала, по результатам которого неисправности и повреждения выявлены не были.

Обработав весь массив данных, полученных в ходе испытаний, можно выделить следующие результаты.

1 Получены максимальные значения напряжений при статических испытаниях по I и III расчетным режимам. Максимальные напряжения по I режиму при растяжении – 269,4 МПа на хребтовой балке в консольной части вагона, при сжатии – 227,1 МПа на хребтовой балке в консольной части вагона. Максимальные напряжения по III режиму при растяжении – 153,5 МПа на хребтовой балке в консольной части вагона, при сжатии – 81,2 МПа на хребтовой балке в консольной части вагона.

2 При испытаниях на соударение получены максимальные напряжения при различных силах соударения в диапазоне от 1000 до 2700 кН. Данные по результатам испытаний без учета квазистатической составляющей представлены в таблице 1.

3 Получены наибольшие и наименьшие напряжения в момент сброса вагона с клиньев. Коэффициент динамики подрессоренных частей вагона – 0,66.

Список литературы

1 **Boiko, A.** Assessment of remaining resource of tank wagons with expired life time: Summary of Doctoral Dissertation: Engineering sciences / A. Boiko // Riga Technical University. – Riga, 2013. – 39 p.

2 **Афанаськов, П. М.** Несущая способность кузова вагона-самосвала для перевозки сыпучих грузов после длительной эксплуатации / П. М. Афанаськов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 4 (68). – С. 202–210.

3 Нормы для расчета и проектирования новых вагонов-самосвалов (думпкаров) колеи 1520 мм. – М. : ВНИИВ, 1986. – 155 с.

УДК 620.178.16

КЛАССИЧЕСКИЙ ЗАКОН ТРЕНИЯ И ЕГО МОДИФИКАЦИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СИСТЕМЕ КОЛЕСО/РЕЛЬС

В. В. КОМИССАРОВ, Е. С. ТАРАНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Трения качения (ведущий процесс для силовой системы колесо/рельс) является физической основой движения поездов по железным дорогам. В этой связи повреждения наблюдаемые в данной системе связывают исключительно с действием контактной нагрузки, что отражено в классической формулировке закона трения: сила трения (F_S) прямо пропорциональна контактной нагрузке (F_N):

$$F_S = fF_N, \tag{1}$$

где f – коэффициент трения.

Таким образом, традиционный подход к определению коэффициента трения

$$f(p) = F_S / F_N = \tau_W / p, \tag{2}$$

где τ_W – удельная сила трения; p – контактное давление.

К настоящему времени в рамках механики износоусталостного повреждения [1, 2] показано, что циклические напряжения от изгиба наравне с контактной нагрузкой могут рассматриваться как управляющий параметр при изучении процессов трения и изнашивания в силовых системах типа колесо/рельс. Систематические исследования влияния циклических напряжений на изменение силы (и коэффициента) трения в данной ситеме до сих пор проведены не были. Полученные результаты, в частности, могли бы быть использованы при анализе причин колесно-рельсового вируса и эксплуатационных отказов рельсов, а также поиске мер эффективной борьбы с ними.

В рамках теоретического решения задачи предложена следующая расчетная оценка коэффициента трения в силовой системе:

$$f(p,\sigma) = F_S(p,\sigma) / F_N, \tag{3}$$

где σ – циклические напряжения от изгибной нагрузки.

Принципиальное отличие развиваемого подхода (3) от традиционного подхода (2) состоит в том, что для силовой системы типа колесо/рельс учитывается влияние циклических напряжений (σ) на изменение величины силы $F_S(\sigma)$ и коэффициента $f(p, \sigma)$ трения. Таким образом, закон трения в трибофатической системе гласит: в общем случае сила трения пропорциональна как контактной, так и объемной нагрузке, если последняя возбуждает циклические напряжения (±σ) в области контакта.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований по изучению закономерностей влияния циклических напряжений на изменение коэффициента трения в силовой системе представлены соответственно на рисунках 1 и 2.

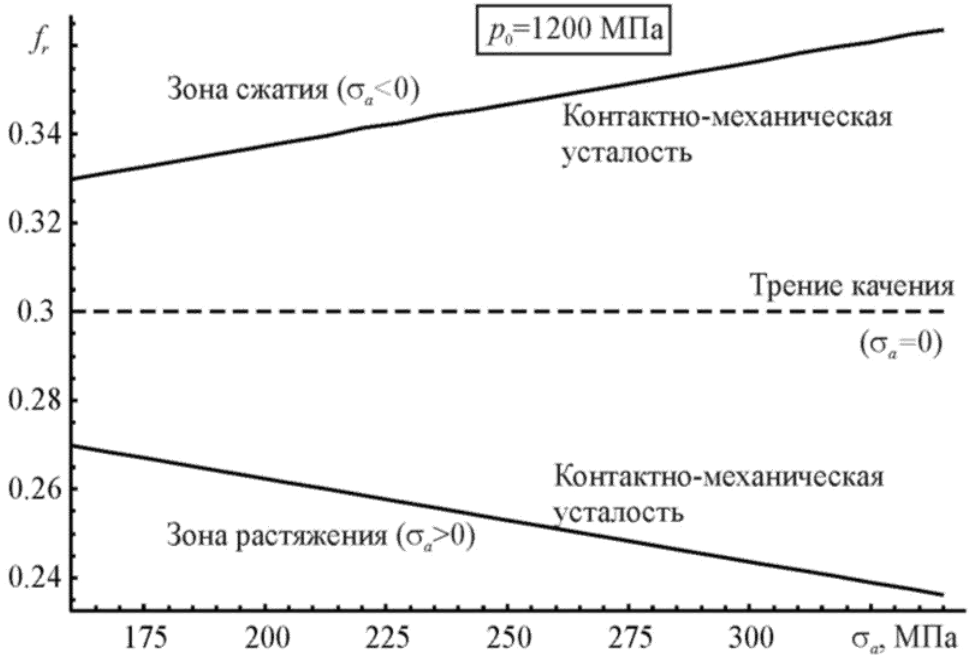


Рисунок 1 – Расчетная зависимость коэффициента трения в силовой системе от изгибных напряжений в области контакта

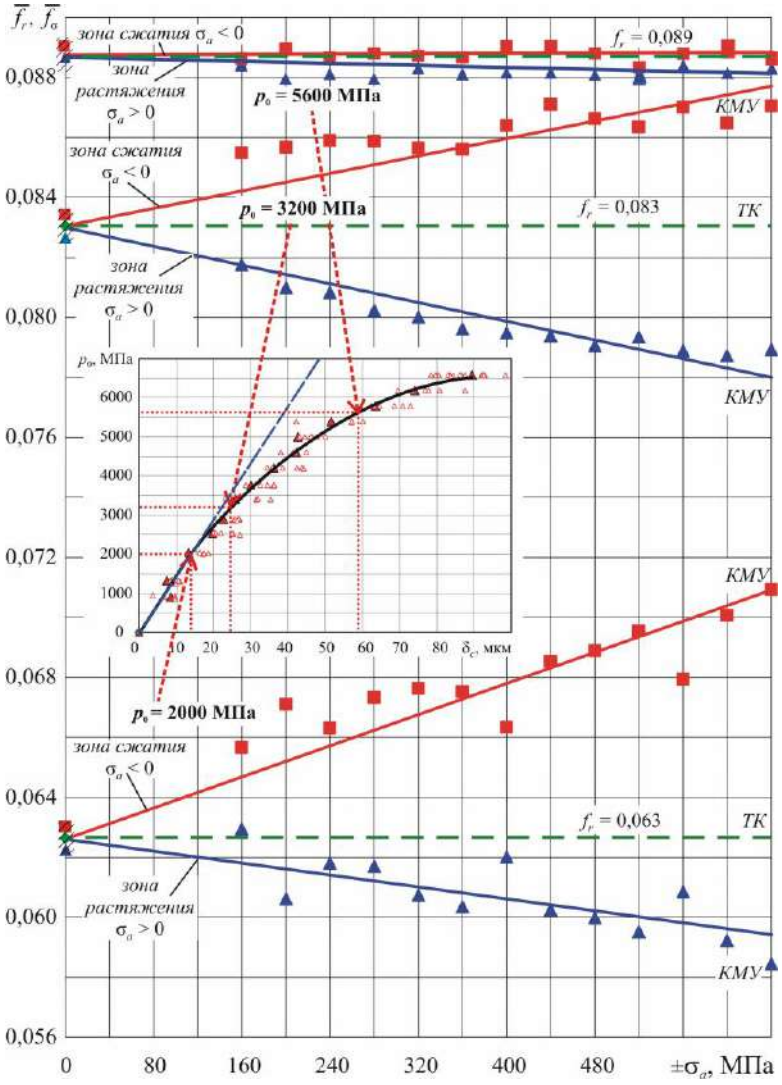


Рисунок 2 – Силовая система Ст18ХГТ/Ст18ХГТ: зависимость
средних значений коэффициента сопротивления качению от амплитуды напряжений
(пунктиром указано значение $\overline{f_r} = f(p)$ в паре трения)

Из полученных результатов следует, что в зависимости от условий трения может быть

$$f(p,\sigma) \gtrless f(p), \tag{4}$$

т. е. циклические напряжения могут как повышать, так и снижать коэффициент трения. При этом численные значения коэффициента трения могут изменяться на 5–66 % и более (в зависимости от условий испытаний). Показано, что расчетные оценки удовлетворительно соответствуют экспериментальным результатам как в качественном (закономерности), так и в количественном (численные значения) отношениях. Это позволяет ставить и решать задачу о рациональном управлении силой (коэффициентом) трения в силовой системе колесо/рельс. Тем самым задача управления износоусталостными повреждениями элементов системы становится более ясной и более содержательной, поскольку указывается важная роль изгибных напряжений в формировании колесно-рельсового вируса.

Список литературы

1 **Сосновский, Л. А.** Трение в трибофатической системе / Л. А. Сосновский, С. С. Щербаков, В. В. Комиссаров // Тр. VI Междунар. симпозиума по трибофатике (ISTF 2010), 25 окт. – 1 нояб. 2010 г., Минск (Беларусь) / редкол. : М. А. Журавков (пред.) [и др]. – Минск : БГУ, 2010. – Т. 1. – С. 361–373.

2. **Сосновский, Л. А.** Закон трения: от трибологии к трибофатике. Сообщение 3. Экспериментальные исследования / Л. А. Сосновский // Механика машин, механизмов и материалов. – 2019. – № 4 (49). – С. 95–106.

УДК 629.4.023.14

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КУЗОВА ВАГОНА-САМОСВАЛА, ВЫРАБОТАВШЕГО НОРМАТИВНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ

Е. Н. КОНОВАЛОВ, М. И. ПАСТУХОВ, Р. И. ЧЕРНИН,
В. В. БЕЛОГУБ, Н. В. БЕЛОГУБ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Технической документацией на каждую модель вагона устанавливается его назначенный срок службы – календарная продолжительность эксплуатации, при достижении которой эксплуатация вагона должна быть прекращена независимо от его технического состояния. Выведение вагона из эксплуатации, по достижению назначенного срока службы, в первую очередь базируется на условии безопасности движения поездов.

На Белорусской железной дороге широкое распространение приобрели вагоны-самосвалы, предназначенные для транспортировки сыпучих и кусковых грузов. Парк вагонов данного типа по состоянию на 2021 год насчитывает 249 единиц. Для вагонов-самосвалов моделей 31-638, 31-656, 31-661, 31-673, 31-674, 31-675, 31-676 и 31-945 нормативный срок службы составляет 22 года. Необходимо отметить, что значительная доля вагонов выработала полуторный срок службы.

Сотрудниками отраслевой научно-исследовательской лаборатории «Технические и технологические оценки ресурса единиц подвижного состава» разработан подход к оценке остаточного ресурса вагонов-самосвалов, который включает в себя ряд процедур, которые представлены в [1], и обеспечивающий дальнейшую безопасную эксплуатацию подвижного состава, имеющего срок службы выше нормативного. Рассматриваемый подход требует дополнительного контроля подвижного состава в части оценки технического состояния несущей конструкции вагонов-самосвалов, эксплуатируемых свыше полуторного срока службы.

В рамках проведения работ по третьему и четвертому этапам оценки технического состояния вагона-самосвала после длительной эксплуатации [1] предусмотрено выполнение следующих работ:

– разработка трехмерной конечно-элементной модели вагона-самосвала с возможностью дифференцированного учета наихудших ситуаций деградации металлоконструкции, установленной по результатам обследования технического состояния;

– анализ напряженно-деформированного состояния металлоконструкции вагона-самосвала от действия нагрузок, регламентированных [2].

Расчетная схема кузова представлена пластинчатой пространственной системой. При построении модели использовались два типа конечных элементов: пластинчатые 3- и 4-угольные. Параметры расчетной модели следующие: количество узлов – 32331, количество конечных элементов – 28132.

После нагружения расчетной модели конструкции нижней рамы вагона-самосвала была произведена серия прочностных расчетов. Максимальные расчетные эквивалентные напряжения для I, II и III расчетных режимов составляют 189,7; 102,8 и 140,7 МПа (72, 39 и 67 % от допускаемых значений). Верхняя рама рассчитывалась на нагрузки согласно [2] и нагрузки, имитирующие разгрузку вагона. При I расчетном режиме максимальные напряжения возникают в зонах опирания верхней рамы на нижнюю и составляют 229,2 МПа (87 % от допускаемых значений). Максимальные эквивалентные напряжения при разгрузке вагона на одну из сторон возникают в зонах связи верхней рамы с рабочими гидравлическими цилиндрами и составляют 94 % от допускаемых значений.

По результатам расчетов можно сделать вывод о том, что максимальные напряжения концентрируются в зонах сочленения хребтовой балки со шкворневыми и цилиндровыми балками у нижней рамы вагона и в кронштейнах гидравлических цилиндров верхней рамы вагона. На рисунках 1 и 2 приведена картина распределения полей напряжений в металлоконструкции нижней и верхней рам вагона-самосвала модели 31-656.

В результате проведенного расчета на прочность, с учетом реального физического состояния металлоконструкции наихудшего типового представителя, отобранного на втором этапе работ [1], установлено, что прочность при всех расчетных режимах удовлетворяет требованиям [2].

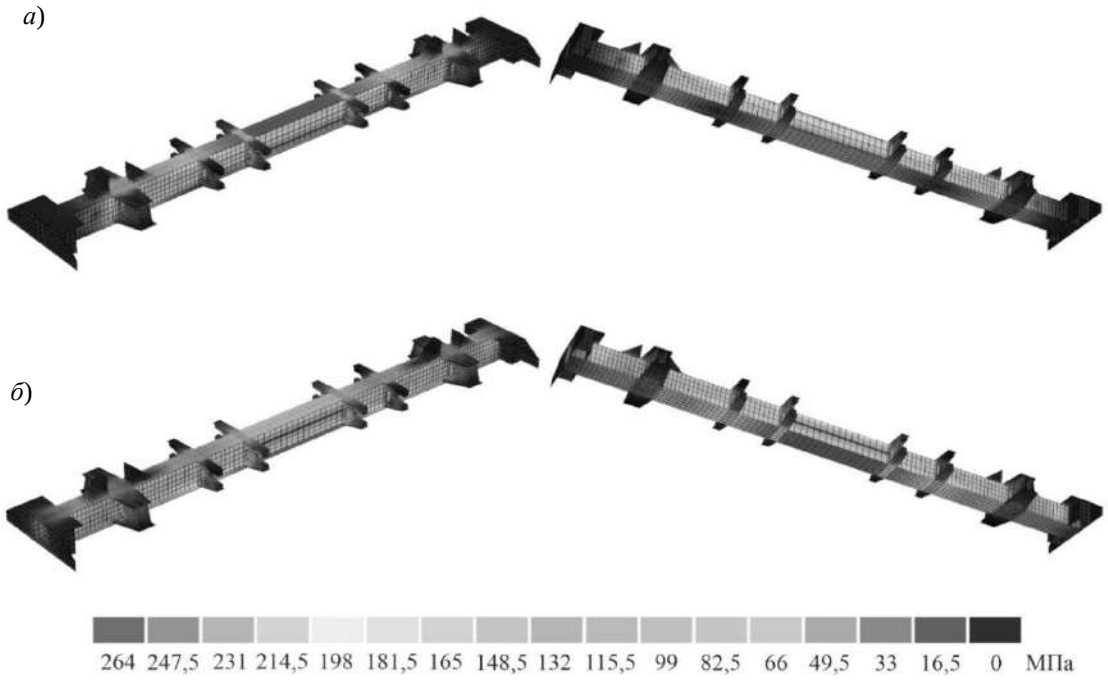


Рисунок 1 – Напряженно-деформированное состояние нижней рамы вагона модели 31-656:
а – I расчетный режим сжатие; *б* – III расчетный режим растяжение

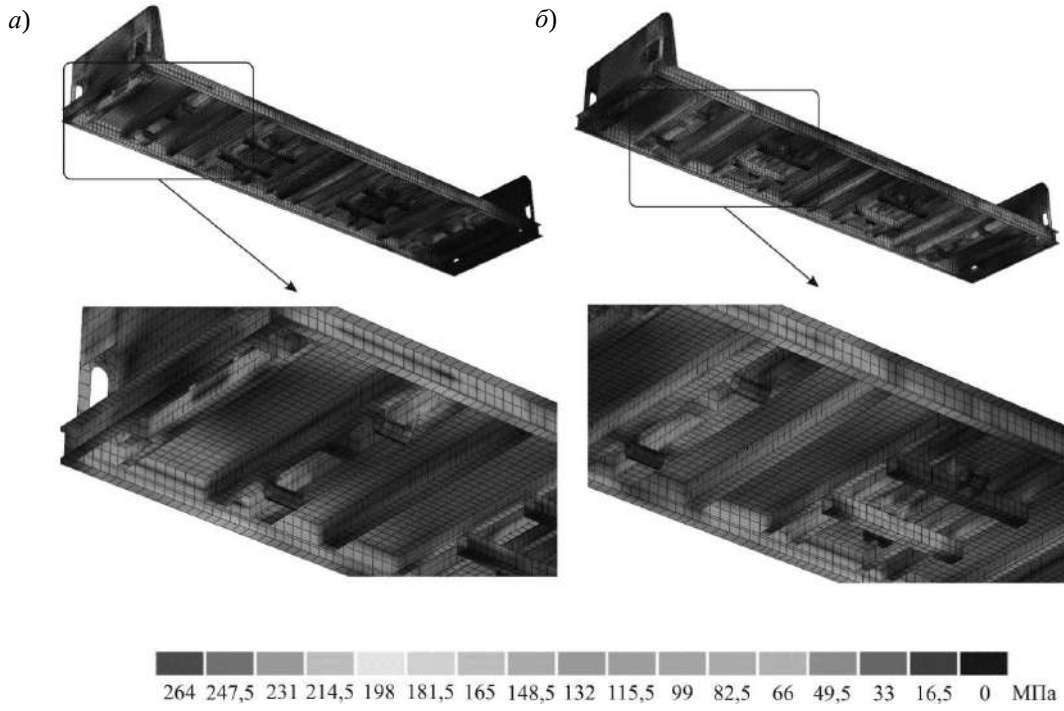


Рисунок 2 – Напряженно-деформированное состояние верхней рамы вагона модели 31-656:
а – удар; *б* – режим разгрузки

Список литературы

1 **Афанаськов, П. М.** Несущая способность кузова вагона-самосвала для перевозки сыпучих грузов после длительной эксплуатации / П. М. Афанаськов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 4 (68). – С. 202–210.

2 Нормы для расчета и проектирования новых вагонов-самосвалов (думпкаров) колеи 1520 мм. – М. : ВНИИВ, 1986. – 155 с.

УДК 629.01:531.3:001.891.573

ПОДХОДЫ К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ДИНАМИКИ АВТОЦИСТЕРН ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ

М. Г. КУЗНЕЦОВА, А. О. ШИМАНОВСКИЙ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Потеря устойчивости и управляемости автоцистерны возможна при неплавных разгоне и торможении, переезде неровностей, резкой смене полосы движения и движении по дуге в повороте, особенно в случаях неполного заполнения резервуара цистерны, характерных для технологических процессов многих сельскохозяйственных, топливозаправочных, пожарных и иных машин. Особенность математического моделирования движения автомобилей с транспортируемыми жидкими грузами заключается в необходимости анализа динамики мультифизических систем, включающих твердые тела и жидкость со свободной поверхностью.

При резких разгоне или торможении автоцистерны изменяются значения нормальных реакций в точках касания колес с дорогой, что обусловлено относительным смещением центра масс жидкости и ведет к изменению значений сил трения между колесами передней и задней оси/осей. Вследствие возникает необходимость рассмотрения четырех режимов торможения для двухосных автомобилей и восьми для трехосных, учитывающих наличие/отсутствие проскальзывания между колесами каждой из осей в отдельности и попарно. Выполненные различными авторами исследования малых колебаний жидкости со свободной поверхностью, приведенные, например, в [1, 2], показали, что они могут быть приближенно учтены путем использования эквивалентной механической модели, которая предполагает замену жидкости сосредоточенной массой (ее относительное перемещение – s), связанной с кузовом транспортного средства при помощи упругой связи (пружины). Модель может применяться при анализе резервуаров с одним или несколькими несообщающимися отсеками правильной геометрической формы. При этом не вся масса жидкости участвует в колебаниях по форме n. Для адекватного описания ситуации, когда свободная поверхность жидкости достигает потолка емкости, можно применить подход, предложенный в работе [3], предполагающий, что центр масс жидкости в процессе ее колебаний не может оказаться смещенным от равновесного положения на величину $s_{\max}$, большую, чем при случае, когда вся жидкость сосредоточена у одного из концов резервуара, и ее свободная поверхность вертикальна. Жесткость упругой связи определяется по формулам

$$\begin{cases} c = c_{s\le s_0} = 8 m_{\text{ж}} \dfrac{g\, th^2\left[(2n-1)\pi \dfrac{h}{l}\right]}{h(2n-1)^2\pi^2} & \text{при } s \le s_0, \\ c = c_{s\le s_0} \cdot e^{\frac{s-s_0}{3(s_{\max}-s)}} & \text{при } s > s_0, \end{cases} \qquad (1)$$

где $m_{\text{ж}}$ – масса транспортируемой жидкости, кг; g – ускорение свободного падения, м/с^2; h – высота уровня жидкости, м; l – ширина основания резервуара, м; s_0 – значение координаты x, при котором жидкость достигает потолка, м.

При движении центра масс автомобиля массы $m_{\text{а}}$ по дуге транспортируемая жидкость смещается в сторону боковой стенки резервуара, тем самым вызывая опасность опрокидывания автоцистерны. Кинетостатический подход предполагает, что предельный угол, при котором начинается отрыв верхних колес от поверхности земли, определяется исходя из равенства нулю суммы моментов относительно оси, вокруг которой происходит опрокидывание (на рисунке 1, *а* эта ось проходит через точку O перпендикулярно плоскости рисунка). Указанное уравнение имеет вид

$$\Sigma M_{iO} = m_{\text{а}}\, g \cdot \frac{b_{\text{а}}}{2} - m_{\text{а}}\, a_x \cdot h_{\text{а}} + m_{\text{ж}}\, g\left(\frac{b_{\text{а}}}{2} - x_{\text{ж}}\right) - m_{\text{ж}}\, a_{\text{жx}}\,(H + z_{\text{ж}}) = 0, \qquad (2)$$

где $b_{\text{а}}$ – ширина автомобиля, м; a_x, $a_{\text{ж}x}$ – ускорение центра масс автомобиля и жидкости соответственно, в проекции на ось x, м/с^2; $h_{\text{а}}$ – высота центра масс автомобиля, м; $x_{\text{ж}}$ – относительное смещение жидкости вдоль оси x, м; H – высота шасси автомобиля, м; $z_{\text{ж}}$ – высота центра масс жидкости относительно шасси, м.

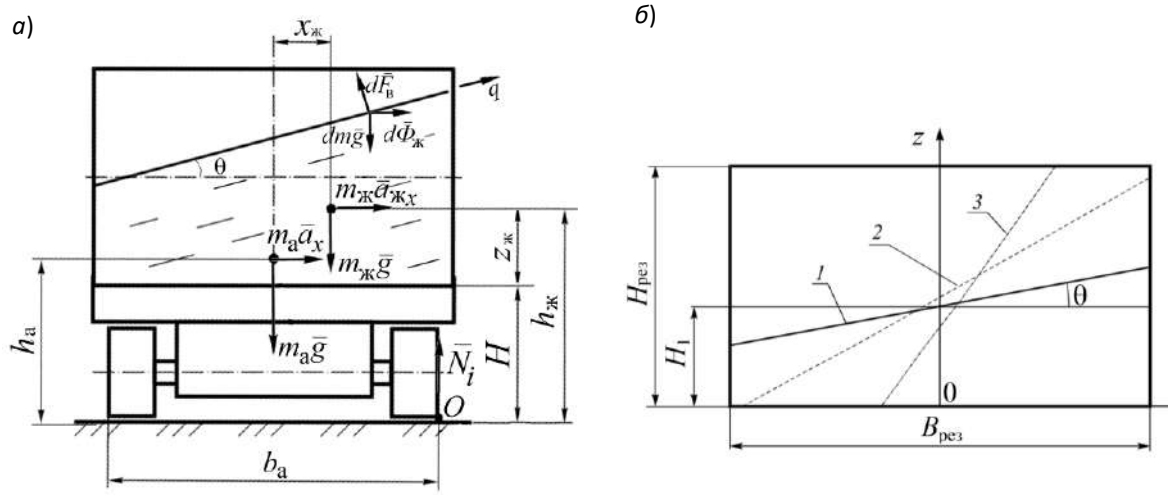


Рисунок 1 – Расчетная схема автомобиля при опрокидывании (*а*) и варианты расположения свободной поверхности жидкости в цистерне при ее заполнении менее чем наполовину (*б*)

В этом уравнении $x_ж(\theta)$ и $z_ж(\theta)$ – координаты центра тяжести жидкости, м. Они зависят от угла наклона свободной поверхности жидкости по отношению к дну резервуара. Полагая, что резервуар имеет форму прямоугольного параллелепипеда, выражения координат центра тяжести жидкости могут быть определены исходя из схемы, приведенной на рисунке 1, *б*. На ней показаны возможные варианты расположения свободной поверхности жидкости при разных значениях угла θ, который определяется из уравнений динамического равновесия частицы жидкости на свободной поверхности при движении автомобиля со скоростью v_0 по дуге радиуса ρ, на ось *q* (см. рисунок 1, *а*):

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{v_0^2}{\rho}. \qquad (3)$$

Соответствующие выражения координат центра тяжести жидкости приведены в [4].

Для более точного определения сил инерции, действующих на автомобиль и транспортируемую жидкость, также рассмотрена динамическая схема вхождения автоцистерны в поворот.

Таким образом, разработаны математические модели движения автоцистерны по прямолинейной и криволинейной траекториям, учитывающие наличие резервуара с относительно перемещающейся жидкостью.

Результаты работы показали, что для приближенной оценки вероятности опрокидывания цистерны с сообщающимися отсеками достаточно применения кинетостатической модели. Если же требуется уточненный анализ поведения автомобиля с транспортируемой жидкостью, то в качестве первого приближения можно использовать уравнения, построенные на основе эквивалентных моделей. Более полный учет гидродинамических эффектов и геометрических особенностей конструкции цистерны требует выполнения численного моделирования колебаний жидкого груза в резервуаре в инженерном пакете ANSYS или аналогичных программах.

Список литературы

1 **Li, Y. C.** Modeling problem of equivalent mechanical models of a sloshing fluid / Y. C. Li, H. L. Gou // Shock and Vibration. – 2018. – Vol. 2018 – 13 p.

2 Experimental and theoretical investigation on the sloshing of a two-liquid system with free surface / M. La Rocca [et al.] // Physics of Fluids. – 2005. – № 17. – P. 062101-1–062101-17.

3 **Шимановский, А. О.** Модифицированная дискретно-массовая модель цистерны с жидкостью / А. О. Шимановский // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки : междунар. сб. науч. тр. – 2011. – Вып. 5. – С. 163–165.

4 **Высоцкий, М. С.** Динамика автомобильных и железнодорожных цистерн / М. С. Высоцкий, Ю. М. Плескачевский, А. О. Шимановский. – Минск : Белавтотракторостроение, 2006. – 320 с.

УДК 006.015.8:625.1

ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕДУРАХ ПО ПОДТВЕРЖДЕНИЮ СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ИНФРАСТРУКТУРЫ

Ю. И. КУЛАЖЕНКО, А. А. КЕБИКОВ, В. С. ЗАЙЧИК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Согласно приложению IX к «Договору о Евразийском экономическом союзе» [1] обязательные для применения и исполнения на территории ЕАЭС требования безопасности к продукции устанавливаются техническими регламентами, принятыми Евразийской экономической комиссией (далее – ЕЭК). Решением Совета ЕЭК внесены изменения в основополагающие в сфере подтверждения соответствия требованиям безопасности для железнодорожного транспорта Технические регламенты Евразийского экономического союза ТР ТС 001/2011 «О безопасности железнодорожного подвижного состава» [2], ТР ТС 002/2011 «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта» [3] и ТР ТС 003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» [4].

В частности, установлено, что при сертификации продукции применяются следующие схемы:

– схема 1с – для серийно выпускаемой продукции и установочной серии. Орган по сертификации проводит: идентификацию продукции, отбор образцов продукции для проведения испытаний, анализ состояния производства, периодическую оценку сертифицированной продукции в течение срока действия сертификата соответствия 1 раз в год путем проведения идентификации образцов продукции, испытаний в аккредитованной испытательной лаборатории и анализа состояния производства. Сертификат соответствия выдается на срок не более 5 лет;

– схема 3с – для партии продукции. Орган по сертификации проводит: идентификацию партии продукции, отбор образцов продукции из заявленной на сертификацию партии для проведения их испытаний. Срок действия сертификата соответствия не устанавливается;

– схема 4с – для единичного изделия в случае, если испытания для этого изделия не являются разрушающими. Орган по сертификации проводит идентификацию продукции и отбор единичного изделия для проведения его испытаний. Срок действия сертификата не устанавливается;

– схема 10с – при ограниченном, заранее определенном объеме реализации продукции, которая будет поставляться (реализовываться) в течение короткого промежутка времени отдельными партиями по мере их серийного производства (для продукции, ввозимой на таможенную территорию ЕАЭС, – при краткосрочных контрактах, для продукции, производимой на территории ЕАЭС, – при ограниченном объеме выпуска). Орган по сертификации проводит идентификацию продукции и отбор образцов продукции для проведения их испытаний. Сертификат соответствия выдается на изготавливаемую в течение ограниченного времени заранее определенную ограниченную серию продукции на срок, не превышающий 1 год;

– схема 11с – для сертификации рельсового скрепления, изготовителем которого является разработчик или держатель конструкторской документации. Орган по сертификации проводит идентификацию продукции и отбор типового образца рельсового скрепления для проведения испытаний. Сертификат соответствия выдается на тип продукции без ограничения срока действия.

В перечень железнодорожного подвижного состава, подлежащего сертификации, добавлены электровозы маневровые.

В перечень составных частей железнодорожного состава, подлежащих сертификации, добавлены новые позиции:

– адаптеры колесных пар тележек грузовых вагонов;

– балансир трехосной тележки грузовых вагонов;

– балка соединительная четырехосной тележки грузовых вагонов;

– балка шкворневая трехосной тележки грузовых вагонов;

– боковые изделия остекления пассажирских вагонов локомотивной тяги, моторвагонного подвижного состава;

– изделия остекления для железнодорожного подвижного состава (кабины машиниста тягового, моторвагонного и специального самоходного железнодорожного подвижного состава);

– клинья фрикционные тележек грузовых вагонов;

– корпус буксы колесных пар тележек грузовых вагонов;

– тележки трехосные для грузовых вагонов;

– тележки четырехосные для грузовых вагонов;

– триангели тормозной рычажной передачи тележек грузовых вагонов железных дорог;

– устройства электронагревательные для отопления железнодорожного подвижного состава;

– устройство соединительное шарнирное грузовых вагонов сочлененного типа;

– центры колесные литые для железнодорожного подвижного состава (отливки).

В перечень продукции инфраструктуры железнодорожного транспорта, подлежащей сертификации, добавлены:

– автоматизированные системы оперативного управления технологическими процессами, связанными с обеспечением безопасности движения и информационной безопасностью;

– генераторы, приемники, фильтры, усилители для тональных рельсовых цепей;

– датчики системы счета осей и датчики контроля участков пути;

– полушпалы железобетонные;

– прокладки рельсового скрепления;

– светодиодные светооптические системы для железнодорожной светофорной и переездной сигнализации;

– средства автоматического контроля подвижного состава на ходу поезда;

– щебень для балластного слоя железных дорог из природного камня.

При декларировании соответствия применяются следующие схемы:

– схема 1д – для серийно выпускаемой продукции при декларировании соответствия на основании собственных доказательств заявителя;

– схема 2д – для партии продукции или единичного изделия при декларировании соответствия на основании собственных доказательств заявителя;

– схема 3д – для серийно выпускаемой продукции при декларировании соответствия на основании доказательств, полученных с участием аккредитованной испытательной лаборатории, и собственных доказательств заявителя (при наличии);

– схема 4д – для партии продукции или единичного изделия при декларировании соответствия на основании доказательств, полученных с участием аккредитованной испытательной лаборатории, и собственных доказательств заявителя (при наличии);

– схема 6д – для серийно выпускаемой продукции при наличии у изготовителя внедренной системы менеджмента, сертифицированной органом по сертификации систем менеджмента, зарегистрированным в установленном законодательством государства-члена порядке на его территории в качестве юридического лица. Схема 6д применяется на основании собственных доказательств заявителя (при наличии) и доказательств, полученных в том числе с участием указанного органа по сертификации систем менеджмента и аккредитованной испытательной лаборатории (центра).

В перечень составных частей железнодорожного состава, подлежащих декларированию соответствия на основании собственных доказательств заявителя и доказательств, полученных с участием органа по сертификации и (или) аккредитованной испытательной лаборатории, добавлены пятники грузовых вагонов.

Список литературы

1 Договор о Евразийском экономическом союзе (подписан в г. Астане 29.05.2014) (ред. от 08.05.2015) (с изм. и доп., вступ. в силу с 12.02.2017) [Электронный ресурс] : офиц. сайт Евразийской экономической комиссии. – Режим доступа : http://www.eurasiancommission.org/. – Дата доступа : 02.08.2021.

2 ТР ТС 001/2011. О безопасности железнодорожного подвижного состава / Евразийская экономическая комиссия. – Минск : Госстандарт; БелГИСС, 2012. – 52 с.

3 ТР ТС 002/2011. О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта / Евразийская экономическая комиссия. – Минск : Госстандарт; БелГИСС, 2012. – 50 с.

4 ТР ТС 003/2011. О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта / Евразийская экономическая комиссия. – Минск : Госстандарт; БелГИСС, 2012. – 38 с.

УДК 625.03

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЧИН СХОДОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Е. Г. ЛЕОНЕНКО
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, Российская Федерация

Безопасность движения поездов одна из приоритетных задач ОАО «РЖД». Перед компанией стоит задача повышения скоростей движения поездов, увеличения массы пропускаемых поездов по участку и нагрузок на ось колесной пары. Для решения поставленных задач необходим комплексный подход. В первую очередь нужно добиться безопасности движения порожних вагонов при условии увеличения воздействия подвижного состава на путь. Скорости движения и повешение нагрузок на ось влекут за собой увеличение динамических нагрузок на путь.

Анализ работы инфраструктуры железнодорожного транспорта показал, что безопасность движения поездов зависит от множества факторов. Транспортные происшествия, связанные со сходами вагонов в поездной работе, значительно участились, с 1996 года. Анализ сходов на Красноярской и Восточно-Сибирской железных дорогах показал, что за период с 1998 по 2019 годы количество сходов до 2002 года составляло в среднем 3 случая в год, из них 2 схода происходили внутрь кривой. С 2003 по 2021 год среднее количество сходов в год составило около 4, из них 2–3 схода – внутрь кривой. Сходы внутрь кривой в большей степени происходят из-за вкатывания гребня колеса на головку рельса с последующим перекатыванием его через рельс [1].

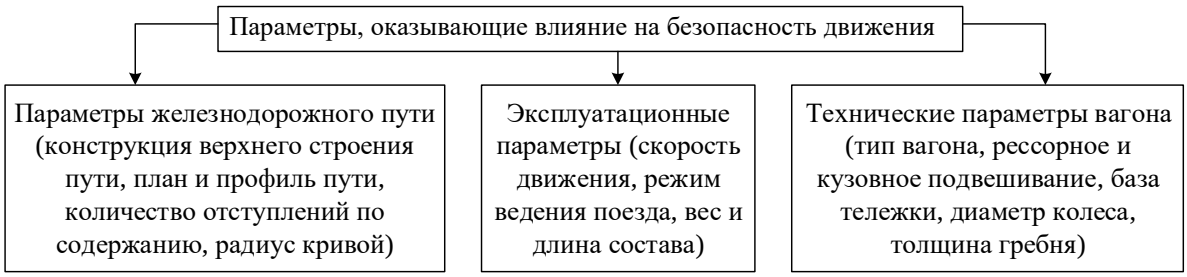


Рисунок 2 – Параметры, влияющие на сход вагонов

Для определения причин сходов необходимо рассмотреть силы, действующие на подвижную единицу при следовании по участкам пути в которых произошёл сход [2, 3].

Взаимодействие пути и подвижного состава – это основополагающий процесс в обеспечении безопасности движения поездов, определяющий коэффициент запаса устойчивости.

При движении подвижного состава по железнодорожному пути возникает ряд сил и усилий, действующих в горизонтальном и вертикальном направлениях. Часть сил являются статическими, их величина постоянна и зависит от технических параметров пути и подвижной единицы. Движение поезда сопровождается колебаниями вагонов и элементов железнодорожного пути, в результате возникает перемещение частей вагонов и значительные динамические воздействия.

Колебания подвижного состава можно разделить на шесть видов:

– подпрыгивание – малое устойчивое отклонение от положения равновесия;

– вращательное движение – малое виляние подвижной единицы;

– боковой относ – поступательное движение;

– галопирование – продольная качка вагона (в большей степени действуют одновременно с подпрыгиванием);

– боковая качка – возникает при движении в кривых участках пути;

– подергивание – возникает при начале движения поезда или при торможении в пути следования.

При рассмотрении взаимодействия подвижного состава и пути большую роль играют геометрические и динамические отклонения от номинальных размеров содержания элементов строения пути и вагонов. К геометрическим отклонениям от альбомных значений вследствие неравномерного износа можно отнести форму и размеры пути и колес; на рельсах – волнооб-

разный износ, местную истертость, искривление горизонтальной плоскости отклонения; на колесах – неравномерный прокат по кругу катания, выбоины, выщербины и т. д. Динамические: на рельсах – неравноупругая характерная неровность – стык; на колесных парах – эксцентриситет насадки колеса на ось.

При движении в кривых большого радиуса и прямых участках пути, даже при идеальных параметрах, наличие колес с коническими поверхностями катания приводит к появлению извилистого движения. Данное движение вагона можно рассмотреть как виляние с относом, площадка контакта колеса и головки рельса перемещается в продольном и поперечном направлениях, при этом размах поперечного перемещения зависит от величины зазора между гребнем колеса и рабочей гранью рельса. В ходе анализа действия сил установлено, что при численном значении эксцентриситета, равном около 0,17 мм в порожних грузовых вагонах происходит качение со скольжением. В процессе виляния и относа колеса относительно головки рельса возникает ударное воздействие, которое можно рассмотреть как импульс, действующий мгновенно. Величина импульса зависит от скорости движения, параметров пути и подвижного состава. Для определения величины импульсного воздействия применено выражение (1), описывающее перемещение центра тяжести кузова [4]

$$Z_1[n,\varepsilon] = f_0 \sum_{v=1}^{1} C_{v0}{}' \frac{e^{q_v \varepsilon}[1-\mathrm{e}^{q_v(n+1)}]}{1-e^{q_v}}. \quad (1)$$

В качестве примера выбраны две кривые радиусом 583 и 1309 м. На рисунке 2 представлена характеристика величины импульса от времени его воздействия.

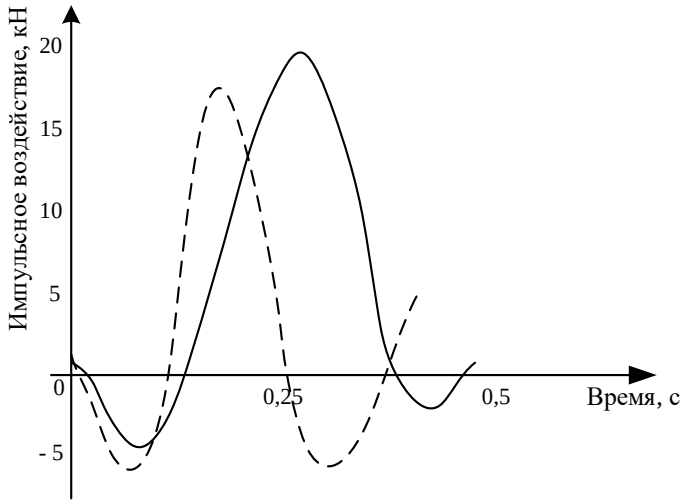


Рисунок 2 – Величина импульса (сплошной линией показана кривая 583 м, пунктирной – 1309 м)

Исследования формы импульса для кривых различного радиуса (350–1300 м) позволили установить, что форма импульса не оказывает влияния на величину и характер колебаний механической системы. При импульсном воздействии на гребень колеса коэффициент безопасности движения резко опускается ниже установленной величины 1,3, что вызывает всползание колеса на головку рельса. При учете импульсного воздействия установлено, что коэффициент запаса устойчивости уменьшается на 10–30 %.

Список литературы

1 Влияние параметров подвижного состава и пути на устойчивость движения / Н. П. Буйнова [и др.] // Вестник транспорта Поволжья / Самарский гос. ун-т путей сообщения. – 2011. – № 1(25). – С. 24–30.

2 **Вериго, М. Ф.** Взаимодействие пути и подвижного состава / М. Ф. Вериго, А. Я. Коган; под ред. М. Ф. Вериго. – М. : Транспорт, 1986. – 559 с.

3 **Лазарян, В. А.** Устойчивость движения рельсовых экипажей / В. А. Лазарян, Л. А. Длугач, М. Л. Коротенко. – Киев : Наук. думка, 1972. – 198 с.

4 **Леоненко, Е. Г.** Исследование периодических импульсных воздействий на порожний подвижной состав / Е. Г. Леоненко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование / Иркутский гос. ун-т путей сообщения. – 2019. – Т. 64, № 4. – С. 96–101.

УДК 625.1.04.67

ЩЕБНЕОЧИСТИТЕЛЬНАЯ МАШИНА РМ-80. РАЗРАБОТКА НОРМ РАСХОДА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. Л. МОИСЕЕНКО, К. В. МАКСИМЧИК, Д. С. ПУПАЧЁВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время в структуре путевого хозяйства для обеспечения рационального использования материально-технических ресурсов (СМ и технических жидкостей) используют соответствующие указания руководства Белорусской железной дороги (БЖД), а на местах приписки техники – местные распоряжения и инструкции по техническому обслуживанию машин, разработку которых осуществляют научно-исследовательские организации, в том числе и Белорусский государственный университет транспорта.

Так, вопросы нормирования смазочных материалов и технических жидкостей частично рассматривались в [1, 2], однако данные документы не регламентируют их порядок учета и контроля при расходовании. Поэтому по заявке Государственного предприятия «Центр механизации путевых работ Белорусской железной дороги» (ГП «ЦМПР БЖД») сотрудниками кафедры «Транспортно-технологические машины и оборудование» были разработаны нормы расхода эксплуатационных материалов на обслуживание и ремонт для техники, эксплуатируемой в условиях упомянутого предприятия [3].

Стоит отметить, что в Республике Беларусь действует планово-предупредительная система обслуживания и ремонта специального самоходного подвижного состава (ССПС), которая определяет перечень и периодичность проведения технических обслуживаний (ТО) и ремонтов, а также требования к организациям, проводящим планово-предупредительный ремонт (ППР). Так, работы по ТО машин на основании ППР, выполняют в течение всего периода эксплуатации строго в соответствии с установленными интервалами. Согласно инструкции по ТО машины РМ-80 виды и периодичность обслуживания приведены в таблице 1, а структура цикла – на рисунке 1.

Таблица 1 – **Виды и периодичность ТО машины РМ-80**

Наименование техники	Вид обслуживания	Периодичность ТО, мото-ч
Щебнеочистительная машина РМ-80 № 341; № 347; № 363; № 371	ТО-1	50
	ТО-2	250
	ТО-3	500
	ТО	800
	СТО	При расконсервации машины

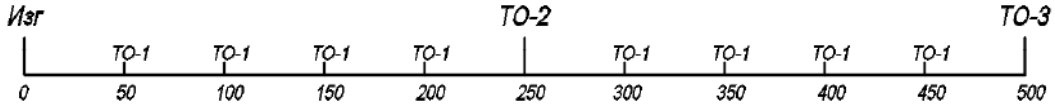


Рисунок 1 – Структура цикла обслуживания машин РМ-80

На текущий момент в ГП «ЦМПР БЖД» эксплуатируют четыре щебнеочистительные машины РМ-80 № 341; № 347; № 363; № 371. Ввиду того, что такие машины изготавливают мелкосерийным партиями, они имеют значительные конструктивные отличия. К примеру, для обеспечения нормальной эксплуатации в них используют разные гидравлические масла. На основании имеющейся номенклатуры СМ для данных машин были разработаны карты использования материалов и карты смазки к ним.

Полезный расход материалов определяют по разработанным картам использования материалов, фрагмент которой приведен в таблице 2, а также справочным данным по заправочным емкостям обслуживаемой и ремонтируемой техники. По моторным маслам, кроме того, к данному расходу добавляют расход масла на угар.

На основании разработанных норм в случае необходимости допускают замену СМ на аналогичные, разрешенные технологической документацией.

Таблица 2 – **Пример карты использования СМ машины РМ-80**

Смазываемый механизм, узел	Наименование СМ	Плотность, кг/м^3	Периодичность, мото-ч	Количество точек смазки	Способ нанесения	Количество
Щебнеочистительная машина РМ-80 № 341; № 347; № 363; № 371						
Угловой ролик баровой цепи	Литол-24	—	0,5 (доб)	1	Нагнетание шприцем	0,04 кг
Двигатель BF12L513C (2 шт)	Shell Rimula R3(R4)X 15W40	881	10 (доб) 250 (зам)	2	Залив через горловину	1,8 кг 68,0 кг
Гидравлический бак	Shell Tellus S2 V46 (для №371) HLP-46 (№341; 347; 363)	880	10 (доб)	1	Залив через горловину	2,0 кг
Осевой редуктор						
Ось 1	HLP-46	880	50 (доб) 800 (зам)	1	Залив через горловину	1,5 кг 42,5 кг
Ось 2	HLP-46	880	50 (доб) 800 (зам)	1	Залив через горловину	1,5 кг 42,5 кг

При расчете также принимают нормативы на добавление (освежение) материалов или их полную замену согласно регламенту при выполнении ТО.

Пример результата расчетов норм расхода СМ приведен в таблице 3.

Таблица 3 – **Пример норм расхода СМ на обслуживание машины РМ-80**

Материал	Марка	Двигатель	Количество, кг
Моторное масло	Shell Rimula R3 (R4)X 15W40	BF12L513C (2 шт.)	465,56
Гидравлическое масло	Shell Tellus S2 V46 (для №371) HLP-46 (№341; 347; 363)		389,356
			572,712
Трансмиссионное масло	CLP-100		114,588
Консистентная смазка	Shell Gadus S2 V 100 2		357,966

Расход СМ и технических жидкостей при всех видах ремонтов устанавливают в количестве, равном одной заправочной емкости системы смазки конкретного агрегата машины. Пример норм расхода СМ на текущий (ТР), средний (СР) и капитальный ремонт (КР) приведен в таблице 4.

Таблица 4 – **Пример норм расхода СМ на ремонт машины РМ-80**

Материал	Марка	Двигатель	Норма на вид ремонта, кг		
			ТР	СР	КР
Моторное масло	Shell Rimula R3 (R4)X 15W40	BF12L513C (2 шт)	68,0	68,0	68,0
Гидравлическое масло	Shell Tellus S2 V46 (для № 371) HLP-46 (№ 341; 347; 363)		2175,6	2175,6	2175,6

Одним из важнейших факторов, влияющих на исправность техники, является правильная организация ее ТО и ремонта, однако, несмотря на повышение интенсивности использования путевых машин, за последние годы объем их ремонта снизился на 40 %, что должно замещаться выполнением этих работ непосредственно на предприятиях дороги. Как следствие, своевременная разработка и внедрение на предприятиях БЖД технически и экономически обоснованных норм расхода СМ, а также механизма их учета является важной составляющей в экономии и рациональном использовании топливно-энергетических ресурсов.

Список литературы

1 Инструкция о порядке применения норм расхода топлива для механических транспортных средств, машин, механизмов и оборудования : утв. постановлением М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь № 141 31.12.08 (в ред. постановлений Минтранса от 18.11.09 № 97, от 27.06.11 № 41). – Минск. – 12 с.

2 О неотложных мерах по обеспечению сохранности и эффективности использования горюче-смазочных материалов : Указ Президента Респ. Беларусь № 161 от 29.03.2002 (в ред. Указа Президента Республики Беларусь от 01.03.2007 № 116).

3 Специальный самоходный подвижной состав. Исследование потребности и разработка норм расхода смазочных материалов на эксплуатацию и ремонт / В. А. Довгяло [и др.] // Горная механика и машиностроение. – 2020. – № 4. – С. 70–79.

УДК 629.4.023.14

АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДОВ СЕРИИ ДР1 И ПОДГОТОВКА ДЛЯ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Л. В. ОГОРОДНИКОВ, Г. Е. БРИЛЬКОВ, С. М. ПЫТЛЕВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Железнодорожный транспорт сегодня является важнейшей отраслью народного хозяйства нашей страны. Своевременная и бесперебойная перевозка пассажиров и грузов к месту назначения – это гарант развития стабильной экономики. Пригородное движение дизель-поездов хоть и не приносит особого дохода, однако является неотъемлемой составляющей социального пакета населению. В Минском и Могилевском отделении Белорусской железной дороги в пригородном движении задействованы дизель-поезда серии ДРБ1.

Технической документацией на каждую модель вагона (прицепной и головной) дизель-поезда устанавливается его назначенный срок службы – календарная продолжительность эксплуатации, при достижении которой эксплуатация вагона должна быть прекращена независимо от его технического состояния. Выведение вагона из эксплуатации по достижении назначенного срока службы в первую очередь базируется на условии безопасности движения поездов.

Парк вагонов дизель-поездов типа ДРБ1 по состоянию на 2021 год насчитывает 104 единицы. Назначенный срок службы вагонов дизель-поезда составляет 20 лет с возможностью продления до 35 лет. Из рисунка 1 можно увидеть, что почти все локомотивы данной серии выработали назначенный срок службы, который им продлевался.

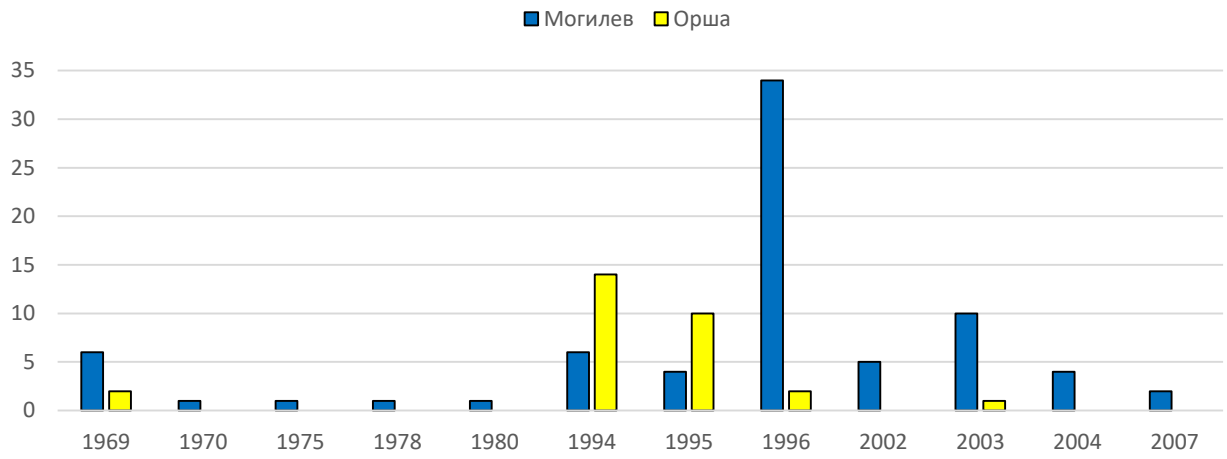


Рисунок 1 – Ввод в эксплуатацию дизель-поездов типа ДРБ1 на Белорусской железной дороге

Практика эксплуатации и ремонта вагонов показала отсутствие существенных отказов по несущим конструкциям, что позволило предположить наличие в них остаточного ресурса. Для обоснования возможности продления срока службы вагонов дизель-поезда ДРБ1 необходимо проведение комплексных расчетно-экспериментальных исследований. Одним из этапов такой работы является определение технического состояния металлоконструкций вагонов после длительной эксплуатации, а также установление соответствия их прочности требованиям актуальной нормативной документации.

Установление фактического технического состояния вагонов дизель-поездов выполнялся методами неразрушающего контроля. По результатам обследования технического состояния металлоконструкции вагонов дизель-поездов установлено, что коррозионный износ в несущих конструкциях дизель поезда отсутствует. Изломов и трещин несущих элементов конструкций кузова и рамы тележки выявлено не было. В ходе эксплуатации вагонов дизель-поездов выявлялись случаи течи воды по крышам вагонов, встречались сквозные отверстия обшивки кузова в нижней области при соединении с рамой дизель-поезда из-за коррозионного износа. Характерные неисправности кузова дизель-поезда типа ДРБ1 представлены на рисунке 2.

Рисунок 2 – Характерные неисправности кузова дизель-поезда типа ДРБ1

Рассматриваемый подход требует дополнительного контроля подвижного состава в части оценки технического состояния несущей конструкции вагонов дизель-поездов, имеющих срок службы выше нормативного. В рамках проведения работ по обеспечению дальнейшей безопасной эксплуатации подвижного состава и оценки технического состояния вагонов дизель-поездов после длительной эксплуатации предусмотрено выполнение работ, представленных на рисунке 3.

Рисунок 3 – Структурная схема продления срока службы вагонов дизель-поездов

Первым этапом проведения работ для расчета на прочность несущей металлоконструкции кузова вагона и рамы тележки дизель-поезда ДРБ1 стало разработка конечно-элементные модели. Расчетная схема кузова представлена пластинчатой пространственной системой. При построении модели использовались два типа конечных элементов: пластинчатые трех- и четырехугольные. Материал несущих конструкций дизель-поездов – сталь с модулем Юнга равным 2,1·1011 Па, коэффициент Пуассона принят равным 0,3. Параметры расчетной модели кузова прицепного (головного) вагонов дизель-поезда, которая представлена на рисунке 4, следующие: количество узлов – 143889 (145112) шт., количество конечных элементов – 141754 (144199) шт.

а) *б*)

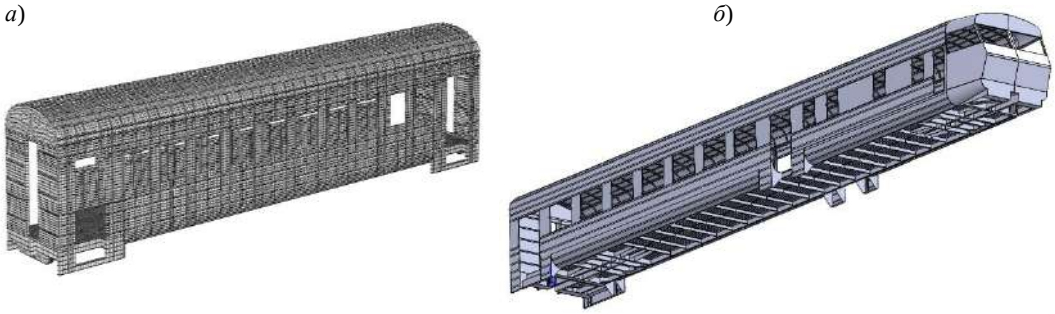


Рисунок 4 – Конечно-элементная модель кузова прицепного (*а*) и головного (*б*) вагонов дизель-поезда ДРБ1

Параметры расчетной модели рамы тележки дизель-поезда серии ДРБ1, которая представлена на рисунке 5, следующие: количество узлов – 9381 шт., количество конечных элементов – 8185 шт.

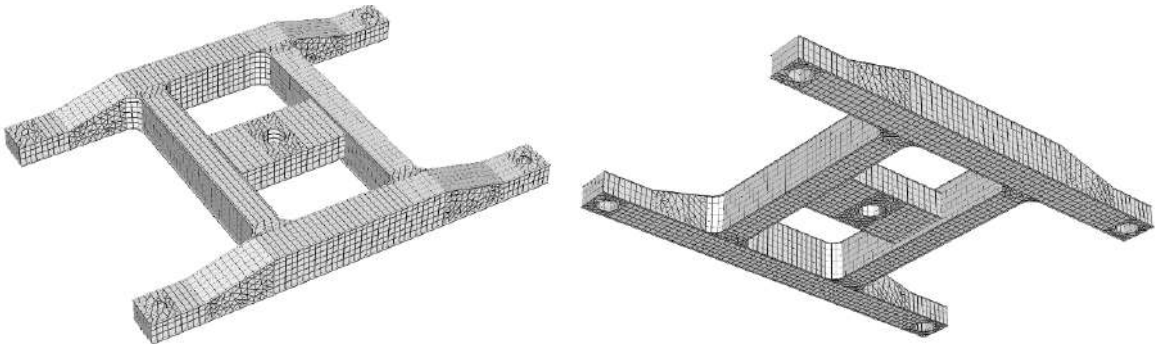


Рисунок 5 – Конечно-элементная модель рамы тележки дизель-поезда ДРБ1

Данная работа является подготовительным этапом для проведения серий прочностных расчетов, после нагружения расчетной модели конструкций. Это нам позволит определить наиболее напряженные элементы металлоконструкции вагонов дизель-поездов в зависимости от режимов эксплуатации для составления схемы наклейки тензометрических датчиков при подготовке вагонов к натурным испытаниям и проведение испытаний согласно технической документации.

Список литературы

1 Оценка остаточного ресурса несущей конструкции вагона пассажирского после длительной эксплуатации / А. В. Путято [и др.] // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2020. – № 2 (41). – С. 42–45.

2 Прогнозирование остаточного ресурса тележек пассажирского вагона после длительной эксплуатации / П. М. Афанаськов [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения. – 2019. – № 8. – С. 220–226.

3 СТБ 2534–2018. Железнодорожный подвижной состав. Порядок продления срока службы. Общие положения : утв. и введ. в действие постановлением Госстандарта Респ. Беларусь от 7 августа 2018 г. № 42. – Минск : Госстандарт, 2018. – 21 с.

УДК 620.179.141.1:629.4.027.5

АВТОМАТИЗАЦИЯ МАГНИТОПОРОШКОВОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ТЕКУЩЕМ И СРЕДНЕМ РЕМОНТЕ КОЛЕСНЫХ ПАР

А. Г. ОТОКА, А. М. ЛЯХ
Гомельское вагонное депо, Белорусская железная дорога

О. В. ХОЛОДИЛОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Колесо цельнокатаное – ответственный элемент колесной пары, передающий статические и динамические нагрузки от вагона на рельсы и обеспечивающий движение подвижного состава (ПС).

При качении по рельсам колёса испытывают сложные виды нагружений: контактные и ударные нагрузки, трение от соприкосновения с рельсами и тормозными колодками. Соприкасаясь с рельсом малой поверхностью, колесо передает ему значительные статические и динамические нагрузки. В результате этого в зонах соприкосновения колес с рельсами возникают большие контактные напряжения. В процессе режима торможения между колесами и колодками создаются большие силы трения, вызывающие нагрев обода, что способствует образованию в нем ряда дефектов. Удары колес на стыках рельсов могут вызвать появление трещин в ободе.

В соответствии с руководящим документом РД ВНИИЖТ 27.05-2017 [1] колёса цельнокатаные, напрессованные на ось, проверяются при текущем и среднем ремонте ультразвуковым методом на наличие внутренних дефектов, вихретоковым (ВТК) или магнитопорошковым методом контроля (МПК) на наличие поверхностных дефектов. До ввода РД ВНИИЖТ 27.05-2017 метод ВТК был основным, а МПК – подтверждающим.

В настоящее время МПК цельнокатаного колеса является актуальным в связи с тем, что он не требует постоянных затрат, в отличие от ВТК. Масштабность применения МПК объясняется высокой производительностью, наглядностью результатов контроля и высокой чувствительностью (таблица). Сравнение ВТК и МПК показывает, что магнитопорошковый метод является более эффективным. При правильной технологии контроля деталей этим методом обнаруживаются трещины и другие дефекты в начальной стадии их появления, когда обнаружить их без специальных средств трудно или невозможно. При проведении МПК выявляются дефекты с меньшей шириной раскрытия, чем при проведении ВТК. Однако при этом колёса должны быть хорошо очищены т. к. чувствительность контроля будет напрямую зависеть от состояния поверхности.

На практике ВТК (рисунок 1, *а*) обладает рядом достоинств, но при определенных условиях, когда объем колесных пар растет, сканирование вихретоковым преобразователем (ВТП) с шагом, равным диаметру преобразователя, представляет собой длительный процесс, что приводит к быстрой усталости дефектоскописта. Дефектоскописту необходимо одновременно проводить сканирование ВТП и наблюдать на экране дефектоскопа возможное превышение порога срабатывания.

а) *б*)

Рисунок 1 – НК цельнокатаного колеса:
а – вихретоковый; *б* – магнитопорошковый (зоны контроля в соответствии с РД ВНИИЖТ 27.05-2017)

К минусам ВТК также можно отнести то, что ВТП и соединительные кабели быстро изнашиваются. К примеру, стоимость одного ВТП ≈ 600…1000 у. е. за 1 ед., а соединительного кабеля – 50–70. Сами вихретоковые дефектоскопы также необходимо поддерживать в технически исправном состоянии (замена клавиш, встроенной батареи, зарядного устройства). Поэтому ВТК целесообразен при небольших объемах контроля деталей и в условиях, где нет возможности питания сетью 220 В, т. е. в полевых условиях.

Что касается проведения МПК цельнокатаного колеса (см. рисунок 1, *б*), он также возможен только при тщательном выполнении операций или переходов технологического процесса.

Дефектоскописту необходимо намагничивать определенную зону контроля с одновременной подачей суспензии. После чего следить за скоплением валика магнитного порошка. Кроме этого, должны соблюдаться требования к размерам и качеству частиц магнитного индикатора, расположению объекта контроля по отношению к намагничивающему полю, параметрам электрического тока в намагничивающем устройстве и т. д. Полюсное намагничивание цельнокатаного колеса проводится при помощи электромагнита или постоянного магнита по участкам контролируемой поверхности с шагом, не превышающим размер области эффективной намагниченности.

Также при проведении МПК и ВТК необходимо учесть характер труда дефектоскописта: помимо ручных монотонных манипуляций они требуют напряженного внимания, ответственности в принимаемых решениях и добросовестного выполнения всех технологических переходов. Вполне очевидно, что у дефектоскописта накапливается усталость, и вероятность влияния субъективного фактора увеличивается – достоверность контроля уменьшается. Поэтому повышение производительности контроля с обеспечением существующего уровня достоверности является актуальной проблемой, и ее решение возможно лишь путем автоматизации процесса контроля.

Анализ имеющегося опыта и научно-технической информации свидетельствует о том, что экономически более целесообразно автоматизировать магнитопорошковый контроль, поскольку:

- стоимость используемого оборудования в сотни раз меньше;
- проблемы в эксплуатации оборудования минимальны;
- не требуется высокая квалификация дефектоскописта.

Как уже отмечалось, достоверность результатов неавтоматизированного МПК во многом определяется квалификацией и физическим состоянием дефектоскописта в процессе работы. Определяющая роль человеческого фактора в контроле является самым главным недостатком метода: выполняя много часов подряд рутинную работу по осмотру цельнокатаного колеса колесной пары, дефектоскопист может невольно пропустить дефект или ошибочно интерпретировать индикацию как ложную, что может привести к аварии с непредсказуемыми последствиями.

Техническим решением этой проблемы является создание стенда проведения автоматизированного МПК, при котором дефектоскописту ставится задача только осмотра поверхности колеса.

При этом цельнокатаное колесо намагничивается с одновременным поливом суспензии, которая подается в зону контроля. При этом суспензия используется повторно через насос, который возвращает ее к колесу. В резервуаре суспензия перемешивается, что не дает магнитным частицам оседать на дно. Проверку качества магнитных индикаторов выполняют по мерам НК или настроечным образцам с искусственными дефектами шириной раскрытия от 10 до 28 мкм. Как только качество индикаторного рисунка ухудшается, дефектоскопист производит замену магнитной суспензии в питающем резервуаре.

Самым чувствительным методом нанесения магнитного индикатора является мокрый люминесцентный с одновременным намагничиванием и поливом объекта контроля (ОК).

В качестве магнитного индикатора используется люминесцентный порошок определенного цвета. Цвет магнитного индикатора играет важную роль при проведении МПК т. к. цвета ОК и индикатора должны давать необходимую контрастность для выявления трещин.

Для увеличения контраста (сигнал люминесцентной индикации/фон) и во избежание ослепления необходимо использовать очки с отрезающими светофильтрами.

Список литературы

1 РД ВНИИЖТ 27.05.2017. Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар вагонов с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524 мм). – 2017.

УДК 629.463.62

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ С НАПОЛНИТЕЛЕМ В НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

С. В. ПАНЧЕНКО[1], А. В. ФОМИН[2],
Г. Л. ВАТУЛЯ[2], А. А. ЛОВСКАЯ[1], А. В. РЫБИН[1]
[1]Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков
[2]Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Обеспечение конкурентоспособности железнодорожной отрасли на современном этапе ее развития вызывает необходимость внедрения в эксплуатацию принципиально новых конструкций подвижного состава. При создании такого подвижного состава должны учитываться особые требования, связанные с обеспечением его прочности и надежности при эксплуатационных режимах нагружения. Достичь этого возможно путем учета принципов мультифункциональности при его создании [1–3]. Это будет способствовать уменьшению нагруженности составляющих несущих конструкций, повышению ресурса эксплуатации и, как следствие, уменьшению затрат на содержание.

Известно, что одним из наиболее востребованных типов вагонов в международном сообщении являются вагоны-платформы. Основной несущий элемент вагона – рама. Под действием эксплуатационных нагрузок она испытывает знакопеременные напряжения, которые вызывают появление трещин в составляющих конструкции и необходимость проведения внеплановых видов ремонта или вообще исключения вагона из инвентарного парка. Поэтому с целью обеспечения прочности несущих конструкций вагонов-платформ важным является проведение исследований по уменьшению их нагруженности в эксплуатации путем учета принципов мультифункциональности при проектировании.

Для уменьшения нагруженности несущей конструкции вагона-платформы предложено ее усовершенствование. При этом основные несущие элементы рамы имеют замкнутое сечение и заполнены наполнителем с упруго-вязкими свойствами. Такое решение будет способствовать превращению кинетической энергии удара (рывка, растяжения, сжатия), которая действует на несущую конструкцию, в работу сил трения.

Исследования проведены для вагона-платформы модели 13-401 с учетом модернизации путем постановки фитинговых упоров на основные продольные балки рамы.

Оптимальные параметры замкнутого профиля определены методом оптимизации по резервам прочности. Несущая конструкция вагона-платформы с учетом предложенных решений приведена на рисунке 1.

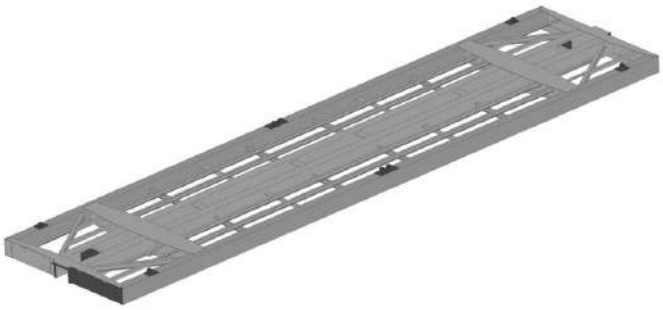


Рисунок 1 – Несущая конструкция вагона-платформы

Для определения динамической нагруженности несущей конструкции вагона-платформы проведено математическое моделирование. При этом использована математическая модель, разработанная проф. Г. И. Богомазом [4]. Обозначенная модель описывает динамическую нагруженность несущей конструкции длиннобазного вагона-платформы, загруженного контей-нерами-цистернами с учетом перемещений наливного груза в котлах. Поэтому данная модель была доработна путем учета перемещений несущей конструкции вагона-платформы, загруженного сухогрузными контейнерами. Кроме того, в модели учтены силы трения, которые возникают между пятниками и подпятниками. Решение дифференциальных уравнений движения осуществлено по методу Рунге-Кутта в программном

комплексе MathCad. Стартовые условия приняты равными нулю. Установлено, что максимальные ускорения, действующие на несущую конструкцию вагона-платформы составляют 36,2 м/с^2. Данная величина ускорения на 3,5 % ниже той, что получена для несущей конструкции без наполнителя. При этом коэффициент вязкого сопротивления материала, которым заполнены элементы рамы, должен иметь значение около 118 кН·с/м, а жесткость – около 80 кН/м.

Полученная величина ускорения учтена при расчетах на прочность несущей конструкции вагона-платформы. При этом использован программный комплекс SolidWorks Simulation (Cosmos-Works), который реализует метод конечных элементов. При составлении конечно-элементной модели использованы изопараметрические тетраэдры. Определение оптимального количества тетраэдров осуществлено по графоаналитическому методу [5, 6]. Материал конструкции – сталь марки 09Г2С. Учтено, что несущая конструкция вагона-платформы загружена двумя контейнерами типоразмера 1СС. Наличие материала с упруго-вязкими свойствами в раме моделировалось постановкой связей «пружина-демпфер» с помощью опций программного комплекса SolidWorks Simulation. Закрепление модели осуществлялось в зонах опирания на ходовые части. Максимальные эквивалентные напряжения при этом возникают при I расчетном режиме (удар) в зонах взаимодействия шкворневых балок с хребтовой и составляют 285,6 МПа, что на 17 % ниже допускаемых [7, 8]. Максимальные перемещения возникают в средней части вагона-платформы и равны 4,5 мм.

Проведенные исследования будут способствовать уменьшению динамической нагруженности несущих конструкций вагонов-платформ, улучшению их усталостной прочности, ресурса эксплуатации и уменьшению затрат на содержание. Также результаты проведенных исследований будут способствовать созданию рекомендаций по проектированию инновационных конструкций подвижного состава.

Список литературы

1 **Lovska, A.** A new fastener to ensure the reliability of a passenger coach car body on a railway ferry / A. Lovska, O. Fomin // Acta Polytechnica. – 2020. – Vol. 60, is. 6. – P. 478–485.

2 Dynamic load modelling within combined transport trains during transportation on a railway ferry / A. Lovska [et al.] // Applied Sciences. – 2020. – No. 10, 5710. – DOI:10.3390/app10165710.

3 **Płaczek, M.** A concept of technology for freight wagons modernization / M. Płaczek, A. Wróbel, A. Buchacz // IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering. – 2016. – No. 161 (2016). – DOI:10.1088/1757-899X/161/1/012107.

4 Нагруженность контейнеров-цистерн, расположенных на железнодорожной платформе, при ударах в автосцепку / Г. И. Богомаз [и др.] // Динаміка та керування рухом механічних систем : сб. наук. праць. – Київ: АНУ, Інститут технічної механіки, 1992. – С. 87–95.

5 Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages / G. Vatulia [et al.] // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 187. – P. 301–307.

6 Design solutions for structures with optimal internal stress distribution / Y. Kitov [et al.] // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 133(1–3). – 03001.

7 ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). – Київ, 2015. – 162 с.

8 ГОСТ 33211-2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – М., 2016. – 54 с.

УДК 629.463.65

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ПОЛУВАГОНОВ С СОТОВЫМИ ПОДАТЛИВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПРИ НАДНОРМИРОВАННЫХ РЕЖИМАХ ПАРОМНЫХ ПЕРЕВОЗОК

С. В. ПАНЧЕНКО[1], А. В. ФОМИН[2], Г. Л. ВАТУЛЯ[1], А. А. ЛОВСКАЯ[1], А. В. РЫБИН[1]

[1]Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

[2]Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Тенденции развития международных внешнеэкономических отношений между евроазиатскими государствами диктуют необходимость повышения эффективности эксплуатации транспортной отрасли. С целью реализации данной задачи целесообразно внедрение в перевозочный процесс комбинированных транспортных систем. Одной из наиболее успешных и перспективных транспортных комбинаций являются железнодорожно-паромные перевозки.

Первая в мире железнодорожно-паромная переправа была введена в эксплуатацию в 1851 г. через залив Фьорт-оф-Форт между районом Грантон и Бьорнтайлендом [1]. С тех пор география железнодорожно-паромных маршрутов значительно расширилась. Данный вид комбинированных перевозок постоянно развивается и находит применение не только через морские акватории, но и речные, озерные и даже океаны.

Важно сказать, что для обеспечения безопасности функционирования и экологичности железнодорожно-паромных маршрутов значительного внимания требует техническая адаптация вагонов к перевозкам морем [2, 3]. Нормативная база, в соответствии с которой осуществляются проектирование и расчеты подвижного состава, освещает не в полной мере особенности нагруженности вагонов при перевозках на железнодорожных паромах. Такая ситуация вызывает повреждения несущих конструкций вагонов, необходимость дополнительных средств на эксплуатацию, что обусловлено проведением внеплановых видов ремонта. Кроме того, нарушение надежности закрепления вагонов на палубах ведет к нарушению остойчивости железнодорожного парома и экологической опасности перевозок. Поэтому актуальным и первоочередным вопросом является необходимость определения нагруженности вагонов при перевозке морем, техническая адаптация их к взаимодействию со средствами закреплений на палубах, а также корректировки нормативных документов, регламентирующих требования к проектированию и расчету несущих конструкций вагонов [4, 5].

Для уменьшения динамической нагруженности несущей конструкции полувагона при эксплуатационных режимах нагружения предложено его усовершенствование, которое заключается в том, что промежуточные балки рамы полувагона имеют замкнутое коробчатое сечение, а между вертикальными листами промежуточных, концевых и шкворневых балок используются сотовые панели из материала, который имеет упруго-вязкие свойства (рисунок 1).

С целью исследования возможности перевозки вагона на железнодорожном пароме проведено определение его динамической нагруженности.

Ко вниманию приняты наиболее распространенные схемы нагружения несущей конструкции вагона при перевозке на железнодорожном пароме:

– угловые перемещения относительно продольной оси X на угол θ (бортовая качка);

– разворот железнодорожного парома с вагонами при подходе к причалу.

При проведении расчетов учтены технические характеристики железнодорожного парома «Герои Шипки». При этом приняты ко вниманию параметры возмущающего воздействия, которые присущи акватории Черного моря: высота морской волны – 8 м, длина – 120 м, давление ветра – 1,47 кПа, период волны – 9 с. В качестве вагона-прототипа рассмотрен полувагон модели 12-757 постройки ПАО «Крюковский вагоностроительный завод» (г. Кременчуг, Украина).

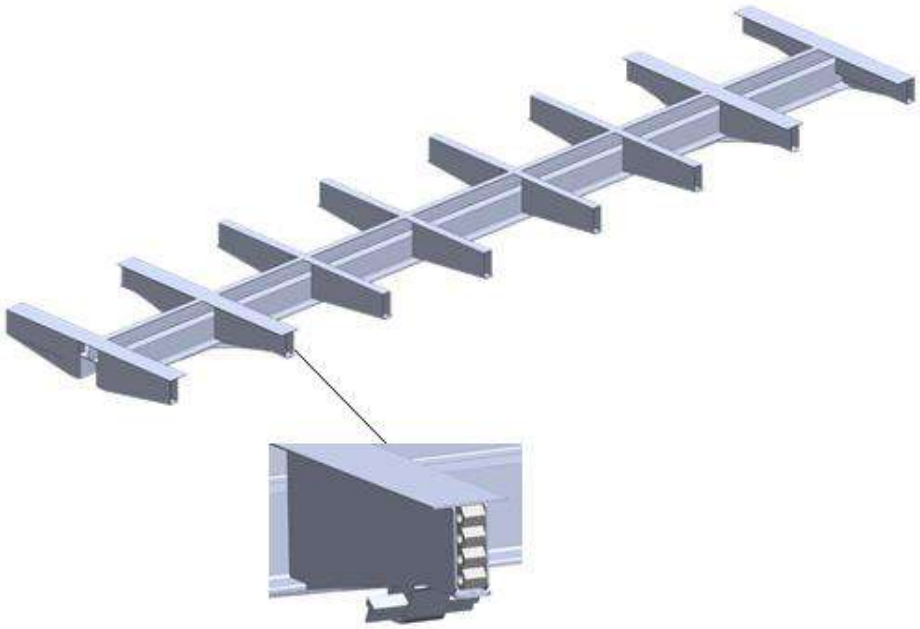


Рисунок 1 – Рама полувагона с учетом предоженных усовершенствований

Учтено, что сотовая панель изготовлена из материала, который имеет упруго-вязкие свойства. При этом коэффициент вязкого сопротивления материала должен находиться в диапазоне от 150 до 165 кН·с/м, а жесткость – от 500 до 520 кН/м.

Решение сформированной математической модели осуществлено в программном комплексе MathCad с использованием метода Рунге-Кутта. Результаты расчета показали, что использование сотовых панелей способствует уменьшению динамической нагруженности вагона по сравнению с типовой конструкцией почти на 25 %. При этом максимальные ускорения, действующие на несущую конструкцию полувагона с типовой рамой, составляют 0,38 м/с^2, а усовершенствованной – 0,29 м/с^2. С учетом угла крена железнодорожного парома 12,2^o общая величина ускорения, действующего на несущую конструкцию полувагона с типовой рамой, составляет 2,45 м/с^2 (0,25g), а усовершенствованной – 2,36 м/с^2 (0,24g). Данная величина крена рассчитана для случая статического действия ветра на надводную проекцию железнодорожного парома с вагонами, которые размещены на верхней палубе.

На следующем этапе исследования проведено определение нагруженности несущей конструкции вагона при развороте железнодорожного парома. Установлено, что составляющие центробежной силы, действующие на раму F_x = 4,9 кН; F_y = 8,4 кН.

Полученные величины нагрузок учтены при определении прочности несущей конструкции полувагона с сотовыми панелями. При этом закрепление вагона на палубе осуществляется через узлы закрепления, которые размещаются на шкворневых балках. Расчет на прочность проведен по методу конечных элементов в программном комплексе SolidWorks Simulation. Результаты расчета позволили установить, что максимальные эквивалентные напряжения возникают в шкворневой балке и составляют около 240 МПа, что ниже на 23 % от напряжений, возникающих в типовой конструкции шкворневой балки. Результаты расчета на прочность несущей конструкции полувагона при развороте железнодорожного парома показали, что максимальные эквивалентные напряжения составляют около 185 МПа, т. е. прочность несущей конструкции обеспечивается [4, 5].

Проведенные исследования будут способствовать повышению безопасности и экологичности железнодорожно-паромных перевозок, а также эффективности их эксплуатации.

Список литературы

1 **Сотников, Е. А.** Железные дороги мира из XX в XXI век / Е. А. Сотников. – М. : Транспорт, 1993. – 200 с.

2 **Lovska, A.** A new fastener to ensure the reliability of a passenger coach car body on a railway ferry / A. Lovska, O. Fomin // Acta Polytechnica. – 2020. – Vol. 60, is. 6. – P. 478–485.

3 Dynamic load modelling within combined transport trains during transportation on a railway ferry / A. Lovska [et al.] // Applied Sciences. – 2020. – No. 10, 5710. – DOI:10.3390/app10165710.

4 ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). – Київ, 2015. – 162 с.

5 ГОСТ 33211-2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – М., 2016. – 54 с.

УДК 629.4.046:629.463

ЕВРОПЕЙСКИЕ КОНСТРУКЦИИ СЪЕМНЫХ КУЗОВОВ

А. В. ПИГУНОВ, В. В. ПИГУНОВ, П. А. ДАШУК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Применение съемных кузовов позволяет с максимальной эффективностью эксплуатировать вагоны в течение срока службы. В европейских странах они получили достаточно широкое применение в сочетании с платформами для их перевозки.

Разработка концепции применения съемных кузовов позволяет адаптировать вагоны для перевозки различных по свойствам грузов: сыпучих, жидких, скатывающихся и др. Ее реализация дает возможность постоянно эксплуатировать вагоны, заменяя съемные кузова в зависимости от сезонных потребностей в перевозках тех или иных грузов.

Компания «Wascosa» разработала систему применения съемных кузовов, которая получила название «Wascosa flex freight system». Она включает в себя облегченные 60-, 54-, 52-, 48- или 45-футовые платформы для перевозки контейнеров с дополнительными упорами для крепления съемных кузо-

вов. Масса тары перечисленных вагонов находится в диапазоне от 17,4 до 16,0 т [1]. Вторым неотъемлемым элементом системы является съемный кузов.

Для установки на перечисленные платформы был разработан ряд конструкций съемных кузовов увеличенной вместимости по сравнению с контейнерами. В частности, для перевозки широкой номенклатуры грузов предназначен съемный кузов с погрузочным объемом 85,7 м^3 оснащенный двухстворчатыми дверями в боковых стенах.

Бельгийский концерн Van Hool и BASF [2] совместно разработали новые типы контейнеров-цистерн для железнодорожного транспорта. Контейнеры-цистерны имеют длину 45 футов (13,7 м при объеме 53 м^3 или 63 м^3) и 52 фута (15,8 м при объеме 73 м^3) грузоподъемностью от 66 до 67 тонн.

Перевозка лесоматериалов предусмотрена в съемных кузовах-лесовозах.

Много интересных конструктивных решений, направленных на реализацию концепции применения съемных кузовов, разработала австрийская компания «Innofreight» [3].

Часть конструкций съемных кузовов напоминают по конструкции контейнеры. Кузова с открытым верхом типа MonTainer / WoodTainer предназначены для перевозки широкой номенклатуры сыпучих грузов, таких как древесная щепа, уголь, кокс, руда и др. Перечисленные грузы имеют различную плотность. Поэтому компания разработала большой типоразмерный ряд кузовов. Они группируются в зависимости от размеров поперечного сечения. Наибольшее поперечное сечение имеют кузова типа XXXL с шириной 3500 мм и высотой 3150 мм. Наименьшие размеры поперечного сечения имеют кузова типа LM с шириной 2550 мм и высотой 2100 мм. Размеры кузовов двух промежуточные групп увеличиваются как по ширине, так и по высоте по сравнению с типом LM. Погрузочная длинна кузовов также различная и составляет 11, 13, 20 и 25 футов.

Все приведенные выше типы кузовов цельнометаллические. Они оснащены четырьмя верхними и четырьмя нижними фитингами. Особенностью конструкции данных кузовов, является то, что каркас, который образован вертикальными угловыми и горизонтальными продольными и поперечными балками, расположенными снизу и сверху кузова, установленными на ширине 2550 мм (наружная ширина) для возможности закрепления на платформе-носителе (по ширине кузова типа LM).

Увеличение ширины кузовов других типов достигается за счет выпуклости обшивки боковых стен наружу кузова. При этом угол наклона изгиба обшивки по отношению к горизонту нижней части меньше, чем в верхней. Обшивка торцевых стен гофрированная. В средней части рамы предусмотрены проемы для возможности подъема кузовов вилочными погрузчиками.

Для перевозки сыпучих грузов разработаны конструкции съемных кузовов, аналогичных кузовам вагонов-хопперов. Они имеют наклонные торцевые стены, а также продольный и поперечный конек, четыре разгрузочных люка (по две на сторону). Обозначаются как RockTainer ORE и имеют объем кузова 47 м^3 и погрузочную длину 30 и 40 футов соответственно.

Для жидких грузов разработаны съемные кузова цистерн. Одна из модификаций названа Slurry-Tainer, предназначена для перевозки сырья полиграфической промышленности. Длина кузова составляет 30 футов. В консольных частях располагаются две полурамы, которые совместно с котлом образуют цельнонесущую конструкцию. Каркас полурамы выполнен из труб прямоугольного сечения. Он состоит из вертикального шестиугольного контура, на стойках которого в верхней части расположены два фитинга. На нижних продольных горизонтальных балках предусмотрены четыре опорных места для установки на контейнерные упоры платформы. Котел имеет переменное сечение. В середине оно максимальное и уменьшается к консолям таким образом, что образует значительны уклон его нижней части к месту слива.

Наибольшей эффективности применение съемных кузовов достигается в сочетании со специально разработанными конструкциями платформ. Семейство платформ для перевозки съемных кузовов, под названием InnoWaggon, представляют из себя сцеп из двух вагонов с погрузочной суммарной длинной 60, 80 и 90 футов. Масса тары одного вагона, входящего в сцеп, изменяется в диапазоне от 14,1 до 14,95 т.

Список литературы

1 WAGON FLEETS: Freight wagon [Электронный ресурс] : интернет-портал. Швейцария. – Люцерн. – Режим доступа : https://www.wascosa.ch/en/wagon-fleets/our-fleet. – Дата доступа : 25.09.2021.

2 NEWS: Freight wagon [Электронный ресурс] : интернет-портал. Бельгия. – Лир. – Режим доступа : https://www.vanhool.be/en/news/van-hool-builds-482-tank-containers-for-basf. – Дата доступа : 29.09.2021.

3 WAGON FLEETS Freight wagon [Электронный ресурс] : интернет-портал. Австрия. – Брукк-ан-дер-Мур. – Режим доступа : https://www.innofreight.com/en/. – Дата доступа : 23.09.2021.

УДК 629.4.046:629.463

ОБЛЕГЧЕННАЯ КОНСТРУКЦИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

А. В. ПИГУНОВ, В. В. ПИГУНОВ, П. А. ДАШУК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Универсальные платформы предназначены для перевозки длинномерных, штучных грузов, лесоматериалов, металлоконструкций, колесной и гусеничной техники, пакетированных и сыпучих грузов, а также длинномерных, штучных грузов, лесоматериалов, металлоконструкций, колесной и гусеничной техники, пакетированных и сыпучих грузов и контейнеров.

Платформа модели 13-401 спроектирована в СССР в 60-х годах XX века. Она предназначена для перевозки широкой номенклатуры грузов, не требующих защиты от атмосферных воздействий, и до сих пор успешно эксплуатируется, в том числе и с продленным сроком службы. При длине рамы 13,4 м ее масса (тара) составляет 20,92 т, а грузоподъемность – 70 т.

Платформа включает в себя сварную металлическую раму, на которой крепится деревянный настил пола. К концевым и боковым продольным балкам шарнирно крепятся торцевые и продольные откидные борта. Концевые балки П-образного поперечного сечения из металла толщиной 10 мм. На них приварены, по четыре кронштейна треугольной формы, для поддержания в горизонтальном положении торцевых бортов в откинутом положении. Шкворневые балки замкнутого коробчатого сечения переменной высоты. Верхние и нижние листы из стали толщиной 10 мм, вертикальные толщиной 8 мм. Для усиления конструкции рамы в средней части предусмотрена установка двух основных поперечных балок рамы высотой 500 мм. Они выполнены из сварных двутавров высотой 500 мм с толщиной стойки и горизонтальных полок 5 и 7 мм соответственно. На участке между шкворневыми балками дополнительно устанавливаются четыре поперечные балки из двутавра № 10. Над ними для поддержания настила пола конструкцией предусмотрены четыре продольные балки, также выполненные из двутавра № 10 [1].

Наиболее металлоемкими и прочными являются продольные балки рамы – хребтовая и две боковые. Хребтовая балка выполнена из двух двутавров № 60 в средней части на длине 4,24 м, высота которых уменьшается к консольным частям рамы. Аналогичную форму имеют и боковые балки рамы.

На основе конструкторской документации была разработана расчетная конечно-элементная модель металлоконструкции рамы платформы. Она составлена для рамы в целом и с достаточной точностью аппроксимирует раму вагона. При построении модели использовались пластинчатые трех- и четырехугольные конечные элементы. Параметры расчетной модели следующие: количество узлов – 15541, количество конечных элементов – 18491. Она позволяет производить расчеты для любого вида и сочетания эксплуатационных нагрузок. Кинематические граничные условия включают в себя ограничение степеней свободы в местах крепления упоров автосцепного устройства и пятников.

После проведения прочностных расчетов на нагрузки, соответствующие режимам Iв и Iг, были получены величины расчетных напряжений для всех элементов металлоконструкции рамы платформы [2]. Анализ уровня напряжений в конечных элементах хребтовой балки рамы при действии растягивающей нагрузки показал, что наиболее нагруженным в средней части рамы является нижний горизонтальный лист двутавра и примыкающий к нему вертикальный участок стойки на высоте 130 мм. По мере отдаления от нижней горизонтальной полки уровень напряжений снижается. Снизу сечения он достигает 36 %, а в верхней части снижается до 10 % от допускаемых напряжений. При действии сжимающей нагрузки наблюдается противоположная картина. Наибольшей величины напряжения достигают в верхней горизонтальной полке двутавра и уменьшаются к нижней части двутавра. Их максимальная величина составила 68 %, а минимальная снизу сечения – 10 % от допускаемых напряжений.

На основании приведенных данных можно сделать вывод о том, что в средней части вертикальной стойки двутавра № 60 по высоте сечения наблюдается наименьший уровень напряжений при действии как сжимающей, так и растягивающей продольной силы.

Таким образом, для снижения массы рамы платформы, становится возможным облегчение хребтовой балки путем введения треугольных вырезов со скругленными углами. Форма вырезов и их размеры образуют ферму (рисунок 1).

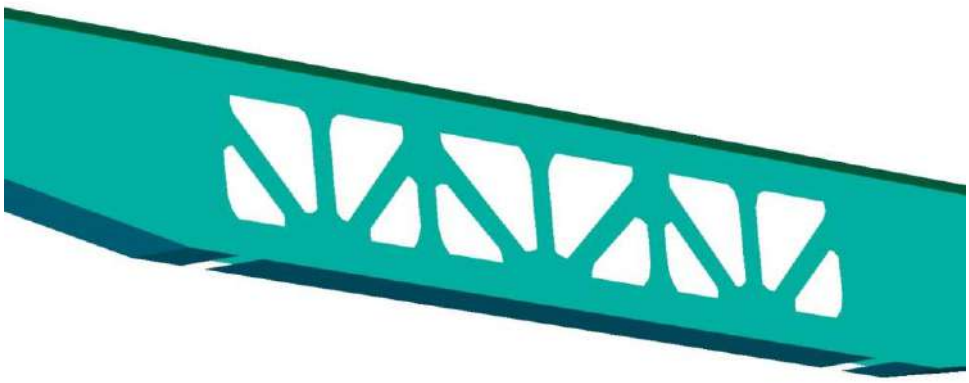


Рисунок 1 – Облегченная часть хребтовой балки рамы платформы

После внесения изменений в расчетную модель были проведены прочностные расчеты. Они показали, что уровень напряжений в элементах хребтовой балки увеличился на 10–15 %. При этом величины расчетных напряжения не превышают допускаемых.

Список литературы

1 **Пастухов, И. Ф.** Конструкция вагонов : учеб. / И. Ф. Пастухов, В. В. Пигунов, Р. О. Кошкалда. – М. : Желдориздат, 2000. – 497 с.

2 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs://chtd.ru/document/1200121493. – Дата доступа : 20.09.21.

УДК 629.463.32

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ УНИВЕРСАЛЬНОГО СЛИВНОГО ПРИБОРА

А. В. ПИГУНОВ, И. Л. ЧЕРНИН, В. В. ПИГУНОВ, П. А. ДАШУК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С советских времен все цистерны для перевозки нефтепродуктов оснащались универсальными сливными приборами одинаковой конструкции. Прибор был снабжен двумя затворами: основным внутренним (клапаном) и дополнительным наружным (крышкой-клапаном).

В последнее время обязательное применение сливных устройств с тремя запорными элементами в конструкции нефтебензиновых вагонов-цистерн, участвующих в международных перевозках, устанавливается требованиями Правил перевозок жидких грузов наливом в вагонах-цистернах и Правилами перевозок опасных грузов Соглашения о международном грузовом сообщении [1, 2].

Указанные документы определяют следующую конструкцию сливного устройства вагона-цистерны:

– внутренний (основной) затвор;

– внешний (первый дополнительный) затвор;

– устройство прикрытия (второй дополнительный затвор).

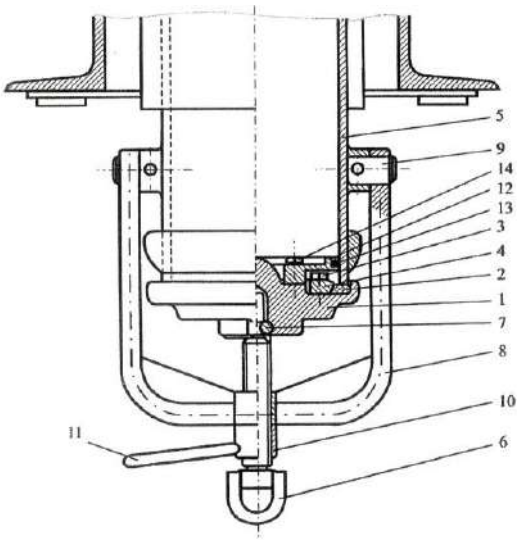
Для реализации приведенных выше требований были разработаны новые конструкции универсальных сливных приборов. В настоящее время на цистерны устанавливаются сливные устройства различных производителей: «Рузхиммаш», ПКТИ «Атомармпроект», ОАО «Азовмаш» и др. У всех конструкций второй дополнительный (средний) затвор устанавливается между основным затвором и крышкой, запирающей сливной патрубок снизу. Внешний затвор сохраняется типовым, что обусловлено действующими стандартами на форму и размеры присоединительных коммуникаций. Как правило, типовым остается и внутренний основной затвор. Дополнительный дисковый затвор крепится на валу, который устанавливается в отверстия дополнительной вставки. Она, в свою очередь, через фланцы соединяется в средней части со сливной трубой.

В последнее время основной причиной утечки нефтепродуктов из вагонов-цистерн являются неисправности универсального сливного прибора с тремя запорными элементами. В подавляющем большинстве случаев утечки наблюдаются в местах уплотнений вала, на котором крепится затвор.

Таким образом, установка среднего дополнительного затвора у всех конструкций нарушает целостность сливной трубы (прибавляется два места возможной утечки груза через фланцы), возникает возможность утечки груза через отверстия для управления закрытием-открытием дополнительного среднего затвора. Вместе с тем его наличие создает дополнительное препятствие при сливе груза и ограничивает доступ внутрь сливной трубы с кольцевым наконечником. В итоге мы имеем три дополнительных потенциальных места утечки груза.

Технические решения, разработанные в БелГУТе, на наш взгляд, лишены указанных недостатков (рисунок 1).

а)



б)

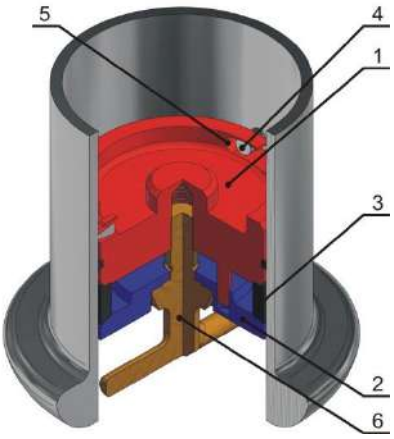


Рисунок 1 – Варианты модернизации сливного прибора:
а – по патенту BY 2615; *б* – по патенту BY 3286

Согласно патенту BY 2615 [3] предлагается установка дополнительного поршня *12* с кольцевым уплотнением *13*, который при помощи болтов крепится к типовой крышке-клапану 1.

На наш взгляд, заслуживает особого внимания идея установки третьего дополнительного затвора, приведенная в патенте BY 3286 [4] (рисунок 1, *а*). Дополнительный затвор выполнен в виде короткого поршня состоящего из верхней *1* и нижней *2* частей и резинового уплотнительного элемента *3*, который расположен между ними. Поршень в сборе заводят внутрь сливной трубы и проворачивают, чтобы штифты *4* вошли в прорези юбки *5* верхней части поршня по часовой стрелке. Затем заворачивают стяжной болт 6 для обеспечения запирания проходного отверстия за счет упругой деформации уплотнительного кольца.

При совместном использовании описанных запатентованных технических решений вероятность возникновения утечек через универсальный сливной прибор сведется к минимуму.

Список литературы

1 Правила перевозок жидких грузов наливом в вагонах-цистернах и вагонах бункерного типа для перевозки нефтебитума : утв. Советом по ж.-д. транспорту государств – участников Содружества, протокол от 21–22 мая 2009 г. № 50. – 2009. – 37 с.

2 Правила перевозок опасных грузов. Приложение 2 к соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mintrans.gov.ru/documents/2/3170. – Дата доступа : 24.09.2021.

3 Патент 2615 Республика Беларусь, МПК7 B 61D 5/00, 17/00, B 65D 47/00. Сливной прибор вагона-цистерны / Сенько В. И., Чернин И. Л., Пигунов А. В., Путято А. В., Белогуб В. В.; заявитель и патентообладатель Белорус. гос. ун-т трансп. – № И20050567 ; заявл. 27.09.05 ; опубл. 30.04.06, Афіц. бюл. № 2(49) / Дзярж. пат. кам. Рэсп. Беларусь. – 2 с. : ил.

4 Патент 3286 Республика Беларусь, МПК7 B 61D 5/00, 17/00, B 65D 47/00. Устройство для слива нефтепродуктов из железнодорожной цистерны / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, А. В. Пигунов, А. В. Путято, В. В. Свириденко; заявитель и патентообладатель Белорус. гос. ун-т трансп. – № И20050567 ; заявл. 12.05.06 ; опубл. 28.02.07, Афіц. бюл. № 2(49) / Дзярж. пат. кам. Рэсп. Беларусь. – 2 с. : ил.

УДК 621:981.2

РАЗРАБОТКА СОСТАВНОГО КАТОДА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ АЛЮМОНИТРИДА ТИТАНА НА ОДНОПУШЕЧНЫХ ДУГОВЫХ УСТАНОВКАХ

А. Н. ПОПОВ, И. Л. ДМИТЕРКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Повышение работоспособности режущего инструмента, интенсификация режимов резания являются важнейшими резервами повышения эффективности механической обработки. Из большого многообразия методов повышения работоспособности режущих инструментов следует выделить методы нанесения износостойких покрытий. Нанесение износостойких покрытий на режущий инструмент позволяет существенно повысить его работоспособность и интенсифицировать режимы обработки [1]. В таблице 1 приведены основные характеристики наиболее часто применяемых покрытий.

Таблица 1 – **Характеристики покрытий**

Покрытие	TiN	TiCN	TiAlN	TiAlCrYN	DlC
Твердость, HV	2000–2500	2800–3100	2900–3400	2800–3200	4000–7000
Толщина, мкм	1–6	1–5	1–5	1–5	1–2
Внутренние напряжения, ГПа/мкм	1–2	1–2	1–2	1–2	2–6
Коэффициент трения по стали без смазки	0,4–0,6	0,3–0,4	0,3–0,4	0,3–0,4	0,02–0,1
Максимальная рабочая температура	500	400	800	400	259–350
Стойкость к абразивному изнашиванию	+	++	+++	++	±
Стойкость к адгезионному изнашиванию	++	+	+++	+++	±

Из приведенных данных видно, что покрытия, состоящие из нескольких металлов, показывают лучшие результаты. На дуговых установках можно наносить композитные (состоящие из нескольких металлов) и многослойные покрытия. Для этого применяются различные мишени, на противоположных стенках камеры можно установить несколько мишеней из чистых металлов (например, титана и алюминия), а можно использовать одну мишень из их сплава.

Целью данной работы является разработка конструкции составного катода и исследование покрытия алюмонитрида титана, полученного с его использованием [2].

Для получения покрытий была использована серийная установка вакуумного напыления УВНИПА-1-001. Эта установка оборудована газовым ионным источником ИИ-4-015. Источником плазмы стационарного катодно-дугового разряда с металлическим катодом, источником плазмы импульсного катодно-дугового разряда с катодом из графита.

Для изготовления составного катода был использован катод из Ti. В титановом катоде было сделано углубление глубиной 5 мм и в диаметре 20 мм. Расплавление Al производилось в печи марки SNOL 30/1100 LSF 01 [3]. Далее производилась заливка расплавленного Al в углубление в катоде из Ti. В итоге адгезионное соединение Al с Ti произошло успешно. Затем произвели очистку поверхности от образовавшегося в результате взаимодействия нагретого титана с воздухом TiO_2. Также убраны излишки наплавленного Al. После обработки катода производилась сборка составного катода, проведение испытаний и нанесение покрытия TiAlN на образец. Произведено исследование покрытия, нанесенного с использованием составного катода. Установлено, что при формировании покрытия дуга горит неустойчиво, импульсами, что требует увеличения времени нанесения покрытия почти в два раза. В покрытии преобладает Ti (рисунок 1). Процентная доля содержания Al около 6 %. Капельная фаза значительно ниже, чем у TiN. Причина заключается в режиме нанесения покрытия: TiAlN наносился импульсами, благодаря чему катод успевал значительно остыть и в зоне горения катодного пятна температура снижалась, что увеличивало степень ионизации потока и снижение содержания и размеров жидких капель [4]. На рисунке 1, *б* показано покрытие на зубе резца из нержавеющей стали.

В результате исследования данного покрытия установлено следующее: покрытие из TiAlN значительно превышает по износостойким характеристикам покрытие из TiN.

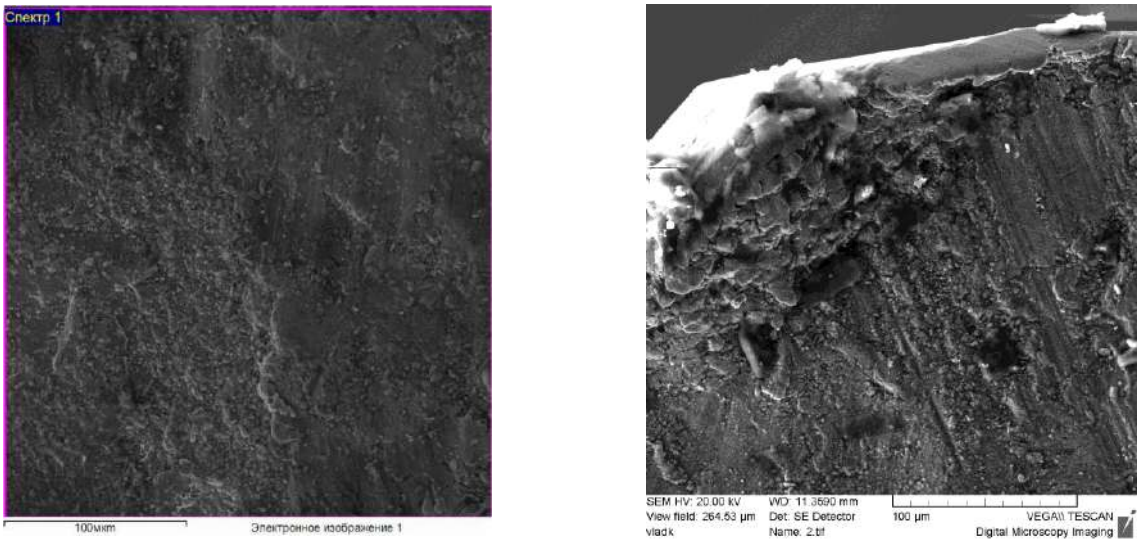


Рисунок 1 – Поверхность покрытия TiAlN на токарном резце:
а – топография; *б* – покрытие на зубе резца

К недостаткам относится следующее:

– нестабильное горение дуги;

– увеличение времени нанесения покрытия.

Так как нанесение покрытия происходит импульсами, соответственно скорость роста толщины покрытия уменьшается.

Список литературы

1 **Барвинок, В. А.** Физические основы и математическое моделирование процессов вакуумного ионно-плазменного напыления / В. А. Барвинок, В. И. Богданович. – М. : Машиностроение, 1999. – 309 с.

2 **Табаков, В. П.** Формирование износостойких ионно-плазменных покрытий режущего инструмента / В. П. Табаков. – М. : Машиностроение, 2008. – 311 с.

3 **Локтев, Д. А.** Методы и оборудование для нанесения износостойких покрытий / Д. А. Локтев, Е. А. Ямашкин // Нано индустрия. – 2007. – № 4. – С. 18–24.

4 Снижение содержания макрофракций в вакуумно-дуговом осаждении покрытий / Д. А. Карпов [и др.]. – СПб. : Науч.-исслед. ин-т электрофиз. аппаратуры им. Д. В. Ефремова, 2009. – 55 с.

УДК 629.423.1

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДООСНАЩЕНИЮ ЭЛЕКТРОВОЗА СЕРИИ БКГ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО В ПАССАЖИРСКОМ ДВИЖЕНИИ

А. В. ПУТЯТО,
Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

А. М. ВОЛОДЬКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время на Белорусской железной дороге продолжается интенсивная работа по электрификации и увеличению доли перевозок электрическим подвижным составом. Наряду с очевидным экологическим преимуществом использования в качестве энергоресурсов электрической энергии по сравнению с дизельным топливом, это приводит также к снижению эксплуатационных расходов при ремонте и обслуживании подвижного состава на электрической тяге.

Обеспечение перевозок в грузовом движении осуществляют электровозы серий БКГ-1, БКГ-2, ВЛ-80с. Следует отметить, что за последние 9 лет парк электровозов существенно обновлен электровозами производства датунского электровозостроительного завода серий БКГ-1 (12 единиц в 2012 году) и БКГ-2 (18 единиц в 2015 году). В пассажирском движении наряду с электровозами серии ЧС4т существенную долю перевозок выполняют электропоезда Stadler.

В то же время имеется стабильный спрос на пассажирское сообщение, в котором перевозка осуществляется в вагонах пассажирского типа, в особенности повышенной комфортности. Учитывая достаточно высокий срок службы пассажирских электровозов, находящихся в эксплуатации на Белорусской железной дороге, имеется потребность в их приобретении. Высокая стоимость современного электровоза, в том числе процедуры подтверждения соответствия, требует постепенной реализации обновления парка подвижного состава или поиска дополнительных путей решения обозначенной задачи. Потребность электровозов в грузовом движении в зависимости от сезонности, текущих рыночных отношений и иных причин может существенно изменяться, и высвободившиеся единицы при должном техническом оснащении могут быть использованы и в пассажирском движении.

Таким образом, целью работы является разработка комплекса мероприятий, позволяющих расширить технические характеристики грузовых электровозов серии БКГ для их использования в пассажирском движении.

Для достижения поставленной цели предлагается:

– провести анализ конструкции электровоза серии БКГ и пассажирских локомотивов;

– выполнить анализ неисправностей электровозов серии БКГ, возникающих при эксплуатации;

– установить показатели и критерии, необходимые для обеспечения использования электровозов серии БКГ в пассажирском движении;

– разработать комплекс предложений по дооснащению систем электровоза серии БКГ, обеспечивающих выполнение дополнительных требований для его использования в пассажирском движении.

Белорусская железная дорога имеет уже достаточно большой опыт эксплуатации электровозов серии БКГ, что позволило наряду с изучением его конструкции выявить в процессе эксплуатации и возникающие проблемы. Так, на грузовых электровозах серии БКГ могут иметь место следующие основные неисправности:

– течь гасителей колебаний при отрицательных температурах (в соответствии с локальной ТНПА Белорусской железной дороги, электровоз с данной неисправностью выпускать в эксплуатацию запрещено);

– сбои в работе программного обеспечения автоматизированной системы пожаротушения;

– неприглядное эстетическое состояние кузова электровозов серии БКГ-2, несмотря на короткий срок эксплуатации.

В этом контексте проработаны вопросы замены всех гасителей на модернизированные, позволяющие эксплуатировать электровоз в более суровых зимних условиях, замены имеющейся системы пожаротушения на хорошо зарекомендовавшую себя аналогичную систему китайского производства JMFC-CU29, а также проведения покрасочных работ при производстве ремонта электровоза в объёме СР-1.

Анализ конструктивных особенностей и технических характеристик показал, что для возможности эксплуатации электровоза серии БКГ в пассажирском движении локомотив следует дооснастить следующими системами:

– электропневматическим торможением, что позволит существенно сократить тормозной путь и повысить плавность торможения за счет одновременности срабатывания тормозов в поезде и уменьшения времени наполнения тормозных цилиндров;

– дополнительной обмоткой трансформатора и штепсельным соединением для питания электроэнергией пассажирских вагонов с целью обеспечения отопления, освещения и собственных нужд вагонов.

Таким образом, реализация предложенных мероприятий по дооснащению электровозов серии БКГ позволит минимизировать затраты на обеспечение потребности в современных пассажирских электровозах, повысить эффективность использования имеющегося парка подвижного состава и, в совокупности, снизить эксплуатационные затраты.

Список литературы

1 Конструкция, расчет и проектирование локомотивов / А. А. Камаев [и др.] ; под ред. А. А. Камаева. – М. : Машиностроение, 1981. – 351 с.

2 Пассажирские электровозы ЧС4 и ЧС4Т / В. А. Каптелкин [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1975. – 384 с.

3 Электровоз. Управление и обслуживание / З. М. Дубровский [и др.]. – М. : Транспорт, 1979. – 231 с.

УДК 629.4.017

НОВАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СХЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ И ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ВАГОНА МЕТРОПОЛИТЕНА

Р. В. РАХИМОВ, М. Б. БАЛТАЕВ
Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Для разработки конструкции инновационного подвижного состава с наилучшими динамическими качествами и показателями воздействия его на железнодорожный путь на ряду с теоретическими методами предусмотрены экспериментальные способы, которые являются важнейшей составной частью научных исследований при проектировании и постройке единиц подвижного состава [1–3].

Согласно ГОСТ 34451–2018 [4] для определения динамических качеств моторвагонного подвижного состава (в нашем случае – вагона метрополитена) не приведены конкретные места для установки тензорезисторов, а описывается лишь требования к их установке:

– для показателя вертикальной динамики первой ступени рессорного подвешивания – на элементах тележки таким образом, чтобы максимально было исключено влияние на него горизонтальных сил;

– показателя вертикальной динамики второй ступени рессорного подвешивания – на элементах экипажной части таким образом, чтобы максимально было исключено влияние на него горизонтальных сил;

– показателя горизонтальной динамики – на элементах тележки таким образом, чтобы максимально было исключено влияние на него вертикальных и продольных сил.

Места установки тензорезисторов можно определить только при выполнении теоретических исследований или многочисленных экспериментов [5, 6].

Поскольку тележки пассажирских вагонов и вагонов метрополитена конструктивно схожи между собой, то возможно взять за основу представленную схему измерения для пассажирских вагонов локомотивной тяги согласно ГОСТ 33788–2016 [7].

Согласно действующему нормативному документу ГОСТ 33788–2016 для измерения вертикальной силы, с помощью которой определяется коэффициент динамической добавки обрессоренных частей тележки пассажирского вагона, два активных тензорезистора устанавливаются в средней части боковой продольной балки рамы тележки сверху и снизу.

Применение данной схемы измерения для вагона метрополитена затруднительно, поскольку исключается возможность симметричной установки тензорезисторов, так как верхняя и нижняя усиливающие накладки (косынки) приварены к раме по всему периметру и дополнительно над продольными балками, в том числе в средней части, посредством полностью проваренных по контуру отверстий, а с нижней части из-за наличия кронштейнов для закрепления гидравлического гасителя колебаний.

Учитывая вышеизложенное, для определения показателя вертикальной динамики первой ступени рессорного подвешивания вагона метрополитена требовалось найти места установки тензорезисторов на элементах тележки и способ обработки полученных сигналов, которые согласно ГОСТ 34451–2018 позволяют максимально исключить влияние на тележку горизонтальных сил.

Цель проведенных исследований – выбор мест расстановки тензорезисторов на элементах тележки и способа обработки полученных сигналов для определения показателей вертикальной и горизонтальной динамики вагона метрополитена.

На первом этапе исследований была разработана расчетная модель рамы тележки вагона метрополитена моделей 81-717/714, представляющая собой Н-образную цельносварную конструкцию, состоящую из двух продольных и двух поперечных балок, которые соединены встык с перекрытием места соединения усиливающими накладками.

На следующем этапе с применением метода конечных элементов проведены исследования нагруженности рамы тележки вагона метрополитена. В результате многовариантных расчетов были получены эпюры распределения напряжений на раме тележки при действии на нее вертикальных, продольных и боковых сил.

Анализ результатов расчетов и эпюр распределения напряжений на раме тележки показал, что наиболее перспективным является определение вертикальных и боковых сил, с помощью которых вычисляются показатели вертикальной и горизонтальной динамики вагона, по измерению нормальных напряжений (по продольной оси) с установкой четырех тензорезисторов с двух сторон на боковую продольную балку рамы тележки.

При этом для определения вертикальной силы, действующей на раму тележки, четыре тензорезистора необходимо соединить в полномостовую схему подключения, как показано на рисунке 1, *а*; для определения боковой сил – как показано на рисунке 1, *б*.

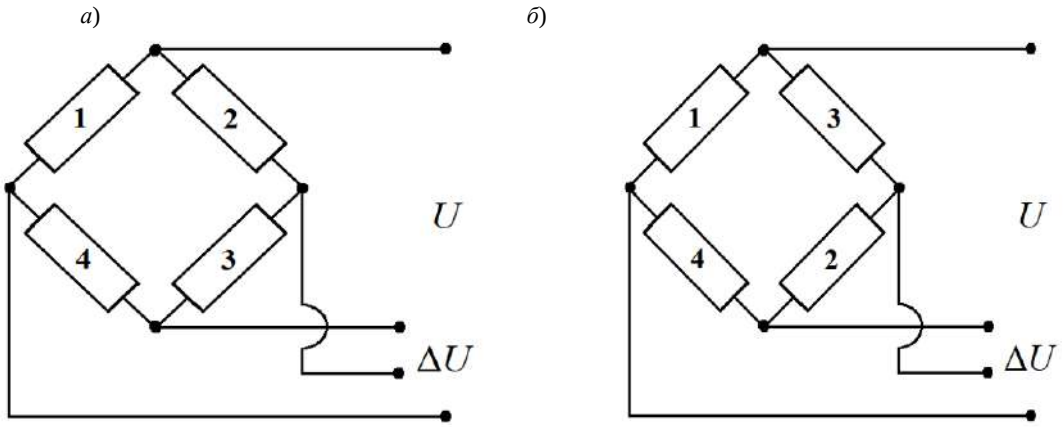


Рисунок 1 – Схемы соединения тензорезисторов для измерения вертикальной (*а*) и боковой (*б*) сил на раме тележки:
1–4 – номера тензорезисторов; *U* – напряжение измерительного моста; Δ*U* – изменение выходного напряжения измерительного моста

Чтобы применить данную схему расстановки тензорезисторов для одновременного измерения вертикальных и боковых сил, тензорезисторы целесообразно соединить в два полных моста с четырехпроводной схемой подключения.

Таким образом, новая измерительная схема при подключении тензорезисторов в два полных моста с четырехпроводной схемой соединения с дальнейшей обработкой сигналов способна обеспечить одновременное измерение вертикальных и боковых сил, действующих на раму тележки вагона метрополитена. Это дает возможность определить с достаточной точностью значения коэффициента вертикальной и горизонтальной динамики, сократить количество тензорезисторов для определения показателей динамических качеств вагона метрополитена при проведении ходовых динамических испытаний.

Список литературы

1 **Анисимов, П. С.** Испытания вагонов : [монография] / П. С. Анисимов. – М. : Маршрут, 2004. – 197 с.

2 Апробация нового метода измерения вертикальной нагрузки от колеса на рельс / Ю. П. Бороненко [и др.] // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 1 (80). – С. 56–59.

3 **Бороненко, Ю. П.** Экспериментальное определение боковых нагрузок от взаимодействия колеса с рельсом / Ю. П. Бороненко, Р. В. Рахимов // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 6 (85). – С. 50–53.

4 **Бороненко, Ю. П.** Разработка новых методов измерения вертикальных сил, действующих на боковую раму тележки от колесной пары при движении вагона / Ю. П. Бороненко, Р. В. Рахимов, А. В. Белянкин // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб. : ПГУПС, 2020. – Вып. 1, т. 17. – С. 7–22.

5 **Boronenko, Yu. P.** Experimental determination of forces through measurements of strains in the side frame of the bogie / Yu. P. Boronenko, R. V. Rahimov // Transport problems. – 2021. – Vol. 16, is. 3. – P. 199–211.

6 ГОСТ 34451–2018. Моторвагонный подвижной состав. Методика динамико-прочностных испытаний. – Введ. 2019–01–12. – М. : Стандартинформ, 2019. – 26 с.

7 ГОСТ 33788–2016. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества. Введ. 2017–05–01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 41 с.

УДК 629.45

ДИНАМОМЕТРИЧЕСКИЙ ВАГОН СПЕЦИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Р. В. РАХИМОВ, Ф. Ф. ХИКМАТОВ
Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Обеспечение ускоренных темпов развития железнодорожного транспорта невозможно без основательной поддержки государства. С момента обретения независимости в Республике Узбекистан осуществляются мероприятия по совершенствованию инфраструктуры железных дорог, строительству новых железнодорожных линий, оснащению парка вагонами с улучшенными технико-экономическими характеристиками отечественного производства, при этом повышается комфортабельность перевозки пассажиров и обеспечивается высокий уровень сохранности грузов [1, 2].

Строительство новых железных дорог и соответственно увеличение при этом объема перевозок влечет за собой необходимость пополнения парка новыми единицами подвижного состава – локомотивами и вагонами [2]. Именно исправность и производительность подвижного состава определяет большинство качественных преимуществ железнодорожного транспорта в условиях острой конкурентной борьбы на рынке транспортных услуг.

В настоящее время актуальными задачами являются проведение исследований по выбору оптимальной тяги локомотива для эксплуатации поездов на горных участках пути, определение сил сцепления вагонов и локомотивов, возникающих при подъёме и спуске, а также проверка критических норм массы и условий пропуска поездов. Подробные исследования осуществимы только с использованием динамометрического вагона.

Целью данной работы является совершенствование металлоконструкции пассажирского вагона модели 61-907 производства АО «Ташкентский завод по строительству и ремонту пассажирских вагонов» для переоборудования его в динамометрический вагон специально-технического назначения для железных дорог Республики Узбекистан [3].

Поскольку разрабатываемый динамометрический вагон планируется прицеплять непосредственно за локомотивом и эксплуатировать в составе пассажирского и грузового поездов, конструкция кузова вагона должна быть рассчитана на усилия сжатия 3,5 МН и растяжения 2,5 МН согласно ГОСТ 33211-2014 [4], что потребует выполнения ряда исследований по совершенствованию рамы пассажирского вагона.

На первом этапе исследований были выполнены расчеты на прочность конструкции вагона с помощью метода конечных элементов и по их результатам определены места усиления рамы. При этом установлено, что для выполнения требований согласно ГОСТ 33211–2014 необходимо хребтовую балку рамы в центральной части, выполненную из двутавра № 30, усилить с двух сторон по всей длине пластинами толщиной 8 мм, соединяющими края верхней и нижней полок с обоих сторон стенки. Кроме того, обвязку пола вагона (уголок 100×100×10 мм) между дверными проемами необходимо усилить равнополочным уголком с размерами поперечного сечения 75×75×5 мм. Усиленные обвязки пола соединены с задними упорами в хребтовой балке специальными балками, поперечное сечение которых составляют два швеллера № 30, образующих двутавр. Балка имеет сужение в месте присоединения к обвязке без изменения профиля поперечного сечения.

Таким образом, выполненное упрочнение рамы вагона аналога модели 61-907 на основании расчета на прочность по методу конечных элементов позволяет увеличить площадь поперечного сечения усиленных элементов пропорционально возникающим напряжениям от повышенных растягивающих и сжимающих нагрузок так, чтобы напряжения от них не превышали напряжений вагона аналога.

На следующем этапе исследований разработанный опытный образец динамометрического вагона модели 61-907-ДМ подвергался статическим испытаниям на прочность, целью которых являлось исследование и оценка напряженного состояния в контрольных точках элементов вагона при действии статически приложенных продольных (сжимающих и растягивающих) испытательных нагрузок [5].

При проведении испытаний производилась наклейка тензорезисторов на исследуемые точки конструкции несущих элементов вагона, полученные по результатам расчетов. При этом для создания продольных усилий на раму использовался специальный стенд для нагружения рам вагонов и элементов сцепных устройств продольными статическими нагрузками.

Таким образом, на основании полученных результатов испытаний определено, что конструкция разработанного вагона динамометрического специально-технического назначения модели 61-907-ДМ удовлетворяет условиям прочности, а полученные напряжения не превысили максимально допускаемых значений.

Список литературы

1 **Бороненко, Ю. П.** Оценка потребности в новых пассажирских вагонах для железных дорог Узбекистана и основные направления их совершенствования / Ю. П. Бороненко, Р. В. Рахимов // Вестник ТашИИТ. – 2009. – № 2. – С. 88–91.

2 **Рахимов, Р. В.** Выбор направлений развития вагонного парка железных дорог Узбекистана / Р. В. Рахимов // Транспорт Российской Федерации. – 2018. – № 1 (74). – С. 71–74.

3 **Рахимов, Р. В.** Первый узбекский пассажирский вагон дальнего следования / Р. В. Рахимов // Тяжелое машиностроение. – 2010. – № 6. – С. 34–35.

4 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – Введ. 2016–07–06. – М. : Стандартинформ, 2016. – 54 с.

5 ГОСТ 33788–2016. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества. – Введ. 2017–05–01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 41 с.

УДК 621.791.927

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОДБОЕК ПУТЕВЫХ МАШИН ТИПА ВПР–08 МЕТОДОМ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ

О. А. САРКИСОВ, А. А. КРИВЕНКОВ, В. А. МОЛОЖАВСКИЙ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Путевое хозяйство – важнейшая отрасль железнодорожного транспорта, от состояния которой зависит работоспособность всей железной дороги. В то же время содержать путь в надлежащем состоянии весьма затратно. Функционирование немыслимо без применения современных ресурсосберегающих технологий, высокопроизводительной техники, без решения вопросов обеспечения материалами для ремонта и содержания пути. В рамках договора о сотрудничестве с известной австрийской компанией «Plasser&Theurer», Белорусской железной дорогой были приобретены выправочно-подбивочные машины ВПР–08 (рисунок 1, *а*). Такие машины предназначены для выправки пути в продольном профиле, по уровню и в плане, уплотнения балласта под шпалами и около их торцов при работах по текущему содержанию пути и всех видах ремонта [1]. Длительная эксплуатация машин показала, что при общих положительных качествах они не лишены недостатков, один из которых – интенсивный износ рабочих органов – подбивочных блоков (рисунок 1, *б*). Подбивочный блок состоит из 6 стальных попарно расположенных подбоек, изготовленных объемной штамповкой из специальной стали.

а) *б*)

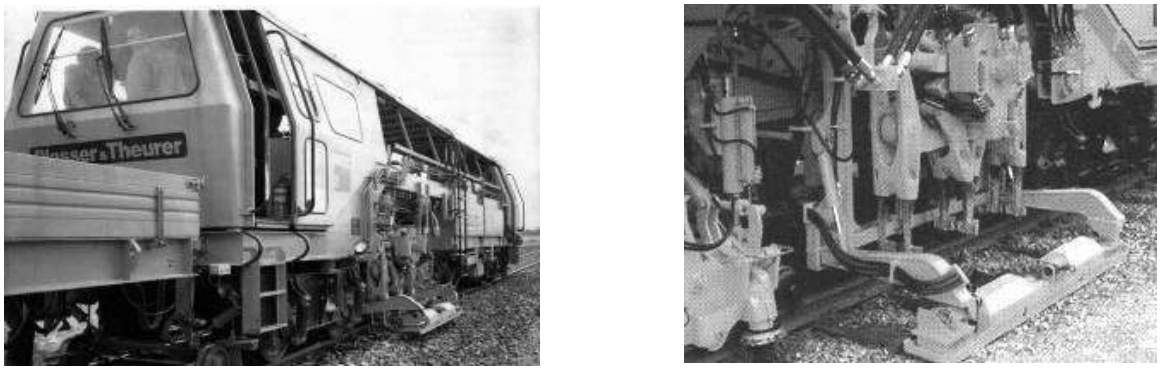


Рисунок 1 – Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина ВПР–08 (*а*), подбивочный блок (*б*)

Подбойки работают в исключительно тяжелых условиях (рисунок 2), перемещаясь с амплитудой 10 мм и частотой 35 Гц в загрязненном и слежавшемся щебне, в результате чего происходит интенсивный износ лопатки подбоек (рисунок 3).

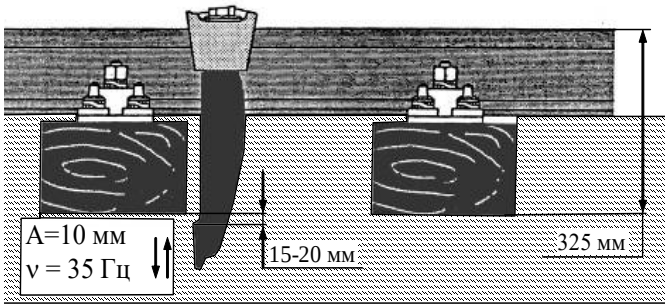


Рисунок 2 – Схема заглубления подбоек

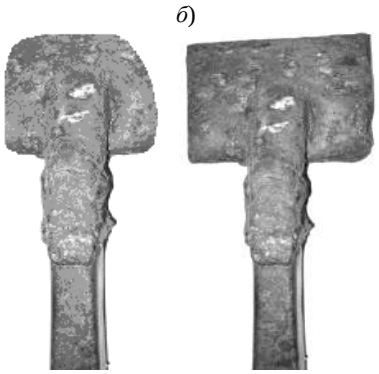


Рисунок 3 – Рабочая часть подбойки:
а – изношенная; *б* – восстановленная

На основании анализа методов восстановления изношенных деталей был выбран метод ремонта лопаток путевых подбоек ручной дуговой сваркой (наплавкой). Технология восстановления на основе данного метода должна была обеспечить не только восстановление лопатки, но и увеличение ресурса ее работы за счет повышения износостойкости наплавленных слоев. Лопатки, изготовленные из стали 45 приваривали к подбойке электродом марки МР-3. Наплавку лопатки и прилегающей к ней части подбойки производили на постоянном токе обратной полярности в нижнем положении, электродами марки ЛЭЗТ-590. Такие электроды предназначены для ручной дуговой наплавки деталей, работающих в условиях преимущественно абразивного изнашивания с умеренными ударными нагрузками. Использование вышеприведенных сварочных материалов позволило получить наплавленные слои с твердостью 50–52 HRC, без термообработки, что обусловлено присутствием карбидов металлов в наплавленном слое. В подтверждение этому была исследована микроструктура наплавленных слоев, которая имеет феррито-перлитную структуру с включением карбидов легирующих элементов [2], присутствующих в металле электрода.

Для сравнения износостойкости металлов исходной и восстановленной лопаток проводили испытания на абразивное изнашивание на машине торцевого трения. В процессе испытаний исходного и наплавленного образцов на абразивное изнашивание было установлено, что массовая интенсивность изнашивания наплавленного образца в 2 раза ниже, чем исходного, что говорит о существенном повышении износостойкости, а соответственно, и увеличении ресурса работы подбойки.

Для выбора основного параметра наплавки – сварочного тока – изучалась зависимость геометрических параметров наплавленных валиков (высоты наплавленного слоя и глубины проплавления) от силы сварочного тока. Установлено, что с увеличением силы сварочного тока высота наплавленного слоя снижается, а глубина проплавления увеличивается. Согласно теоретическим представлениям известно, что максимальная износостойкость будет у валиков с минимальной глубиной проплавления и максимальной высотой усиления наплавленного слоя [3, 4]. Это связано с соотношением износостойкого металла электрода и основного металла с пониженной износостойкостью. Чем больше в наплавленном валике электродного металла, тем выше его износостойкость. При токах 200–250 А мы получаем минимальную глубину проплавления, которая всё же обеспечивает достаточную прочность сцепления наплавленного слоя с основным металлом и максимальную высоту усиления (рисунок 4, *б*, *в*).

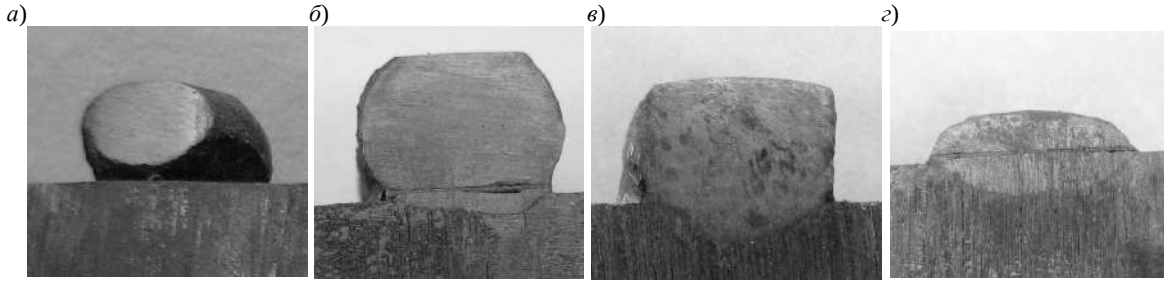


Рисунок 4 – Изображения макроструктуры валиков, наплавленных при различных токах:
а – 150 А; *б* – 200 А; *в* – 250 А; *г* – 300 А

В подтверждение правильности выбора оптимального тока наплавки была получена зависимость твердости наплавленных слоев от тока, которая показала, что твердость при токах 200–250 А составляет порядка 50–52 HRC, что говорит о высокой износостойкости.

Таким образом, разработанная технология восстановления подбоек путевых машин типа ВПР–08 методом ручной дуговой наплавки позволяет восстановить и увеличить износостойкость подбоек более чем в 2 раза.

Список литературы

1 **Бодров, Ю. М.** Путевые машины фирмы «Плассер и Тойрер» / Ю. М. Бодров. – Минск : Белорусская железная дорога, 2007. – 162 с.

2 **Болховитинов, Н. Ф.** Атлас макро- и микроструктур металлов и сплавов / Н. Ф. Болховитинов, Е. Н. Болховитинова. – М. : МАШГИЗ, 1959. – 88 с.

3 **Кочева, Г. Н.** Наплавка износостойких поверхностей / Г. Н. Кочева. – М. : МАШГИЗ, 1963. – 59 с.

4 **Федин, А. П.** Современные методы наплавки / А. П. Федин. – Гомель : БИИЖТ, 1969. – 43 с.

УДК 629.4.015

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАЗОРОВ В МЕЖВАГОННЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ПОЕЗДА НА ПРОДОЛЬНЫЕ СИЛЫ В АВТОСЦЕПКАХ ПРИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОМ ТОРМОЖЕНИИ

П. А. САХАРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Существенное влияние на продольно-динамические силы в поездах оказывают зазоры в межвагонных соединениях, которые согласно экспериментальным исследованиям для нового грузового подвижного состава составляют около 40–45 мм, а после длительной эксплуатации могут достигать 100 мм. При отсутствии зазоров управляющее воздействие со стороны локомотива (сила тяги или электродинамического торможения) передается от вагона к вагону упруго, приводя к плавному изменению их скоростей и ускорений и постепенному увеличению продольных сил в автосцепках. При этом их максимальная величина в однородных по массе поездах практически не превышает силы управляющего воздействия, а в неоднородных может превышать на 20 % и более [1]. Иная картина наблюдается при наличии зазоров в межвагонных соединениях. В случаях проявления зазоров взаимодействие локомотива с первым вагоном и вагонов между собой носит ударный характер. При этом в начальный момент в ударе участвуют только локомотив и первый вагон. Далее, двигаясь как единая упругая система, они соударяются со вторым вагоном, с третьим и так далее. То есть по мере распространения по длине поезда в соударении принимает участие всё большая его масса, вызывая увеличение максимальных продольных сил. Ударное взаимодействие вагонов способно привести к разрыву автосцепки при действии растягивающих сил, ее излому при сжатии, а вызванный ударами рост упругих сил длительного действия – соответственно к выдергиванию или выжиманию вагонов из рельсовой колеи. Поскольку в настоящий момент не представляется возможным обеспечить отсутствие зазоров в межвагонных связях грузовых поездов, масса которых из соображений экономической целесообразности увеличивается, актуален вопрос исследования их влияния на рост продольно-динамических сил и выработка рекомендаций по их снижению.

Целью работы является оценка влияния зазоров на продольно-динамические силы в межвагонных соединениях грузового поезда при электродинамическом торможении. Для решения поставленной задачи разработана компьютерная модель, учитывающая контактное взаимодействие автосцепок и обеспечивающая возможность моделирования движения поезда с различным количеством вагонов, отличающихся массой, величиной зазоров в связях, типом поглощающих аппаратов. Математическое описание указанной модели рассмотрено в работе [2]. С помощью модели произведен ряд вычислительных экспериментов, постановка которых и полученные результаты представлены ниже.

На первом этапе определена продольная динамика предварительно сжатых перед торможением поездов. Сформирован состав из 80 груженых и 20 порожних вагонов, расположенных в голове по-

езда. Масса груженых вагонов – 100 т, а порожних – 20 т. Все вагоны оборудованы поглощающими аппаратами с одинаковой максимальной энергоемкостью 100 кДж при конструкционном ходе 120 мм, но отличающимися в различных экспериментах линией нагрузки силовых характеристик. В первом случае линия нагрузки соответствует так называемой жесткой силовой характеристике, во втором – линейной, а в третьем – мягкой. Тормозная сила 500 кН возрастает до максимального значения за одну секунду. Рассмотрены варианты торможения поездов с межвагонными соединениями без зазоров, а также с зазорами 25–75 мм. Результаты расчетов показали незначительное отличие продольных сил в межвагонных соединениях с зазорами от соответствующих сил в поездах без зазоров. Различие максимальных сил не превышает десятых долей одного процента почти во всех автосцепках за исключением последних. Перед хвостовыми вагонами при наличии зазоров возникают ударные силы в процессе оттяжки поезда. Их значение невелико, однако возрастает в направлении последних вагонов. Наличие зазоров имеет также положительный эффект, приводящий к снижению продольных сил растяжения в хвостовой части состава. Это происходит за счет того, что вагоны при оттяжке совершают свободное движение в пределах зазоров вместо участия в процессах упругого растяжения поезда. Аналогичные расчеты произведены для других значений тормозной силы и времени ее увеличения до максимального значения. С увеличением времени нарастания тормозной силы отличия продольно-динамического взаимодействия вагонов в поездах с зазорами и без зазоров уменьшаются. На основании этого можно сделать вывод, что для предварительно сжатых перед торможением поездов, оборудованных межвагонными соединениями с зазорами, справедливы закономерности, ранее полученные для поездов без зазоров в связях. Таким образом, в рамках рассматриваемой задачи наибольший интерес вызывает исследование полностью или частично растянутых перед торможением поездов.

На следующем этапе исследовано торможение растянутых поездов. Рассмотрено торможение однородных поездов с составом из 100 вагонов массой по 100 т с зазорами в связях 50 мм. Поглощающие аппараты приняты такими же, как в предыдущих вычислительных экспериментах. Тормозная сила 500 кН нарастает в течение одной секунды. Результаты показали, что для всех поездов характерно возникновение продольно-динамических сил ударного характера, приводящих к высокочастотным упругим колебаниям, амплитуда которых зависит от упругих свойств амортизаторов. Так, при жестких характеристиках силы ударного характера превысили тормозную силу на 68 %, при линейных – на 42 %, а при мягких – на 35 %. Вместе с тем снижение сил ударного характера приводит к некоторому росту упругих сил действием более 2 с, достигающих значений 550 кН. При этом наблюдается рост продольных растягивающих сил, возникающих в последней трети состава вследствие оттяжки поезда. Сравнение представленных результатов с результатами расчетов, полученными для поездов без зазоров, показало, что наличие зазоров приводит к возникновению и росту продольных сил ударного характера, распространяющихся вдоль состава и растущих от головы поезда к его хвосту. Основное действие зазоров проявляется в ходе первого продольного колебания поезда, а при дальнейших его колебаниях влияние на формирование продольных сил оказывают упругие свойства амортизаторов. Аналогичные расчеты для поездов с зазорами 25–100 мм показали, что наличие зазоров и их величина практически не влияют на частоту и амплитуду собственных упругих колебаний поезда, а максимальные силы ударного характера увеличиваются пропорционально величине зазора. При увеличении зазора наблюдается рост продольных сил ударного характера при оттяжке поезда в хвостовой части состава. При этом возрастают как силы растяжения, так и возникающие за ними силы сжатия. Наибольшие растягивающие силы наблюдаются в поездах с поглощающими аппаратами, обладающими мягкими силовыми характеристиками.

Рассмотрено торможение неоднородных по массе поездов. Состав сформирован из 50 порожних и 50 груженых вагонов массой 24 и 100 т соответственно. Порожние вагоны расположены с 1-го по 25-й и с 51-го по 75-й. Тормозная сила нарастает в течение одной секунды. Результаты показали, что общим для всех поездов, независимо от типа используемых поглощающих аппаратов, является рост максимальных сил ударного характера, пропорциональных величине зазоров, а также увеличение упругих сил. Характерной особенностью последних является то, что они превышают соответствующие силы в поездах без зазоров на 15–25 % и с ростом зазоров изменяются незначительно по величине и значительно по длительности действия. Наибольшие силы сжатия возникают между груженными вагонами, а наименьшие – между порожними. Как показал анализ результатов, это связано с тем, что между порожними вагонами силы ударного характера проявляются в гораздо мень-

шей степени, чем между груженными. Неоднородность поезда по массе также повлияла на распределение продольных сил растяжения, возникающих при оттяжке поезда.

Таким образом, результаты расчетов показали, что возможные в эксплуатации зазоры в межвагонных соединениях величиной до 100 мм могут привести к росту упругих сил действием более 2 с на 15–25 % относительно тормозной силы, а сил ударного характера – на величину до 120 %. При этом прослеживается близкая к линейной зависимость максимальной силы от величины зазора в автосцепках. В ходе дальнейших исследований определено, что эффективным способом снижения продольных сил является плавное увеличение тормозной силы до максимального значения.

Список литературы

1 **Шимановский, А. О.** Моделирование продольной динамики поезда в среде программного комплекса MSC.ADAMS / А. О. Шимановский, П. А. Сахаров, А. В. Коваленко // Актуальные вопросы машиноведения. – 2018. – № 7. – С. 75–78.

2 **Сахаров, П. А.** Расчетно-экспериментальный метод исследования продольной динамики поезда / П. А. Сахаров // Механика. Исследования и инновации : междунар. сб. науч. тр. – 2020. – № 13. – С. 128–140.

УДК 629.4

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДНЯТИЯ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ ТЕПЛОВОЗА НАД ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМИ РЕЛЬСАМИ ПРИ ЕЕ ВЫВЕШИВАНИИ

А. В. ТИМОШЕНКО
Гомельское отделение Белоруской железной дороги, Локомотивное депо
Е. Н. ВОЛНЯНКО
Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси, г. Гомель

Анализ состояния безопасности движения в локомотивном хозяйстве показывает рост событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, за период с 2019 года по настоящее время. В результате допущенных событий, связанных с нарушением безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта 72,7 % занимают неисправности железнодорожного подвижного состава, в результате которых допущена задержка поезда на 1 час и более. Одними из наиболее сложных по устранению последствий задержки поездов являются события по причине заклинивания колесно-моторного блока вследствие разрушения якорных подшипников тягового электродвигателя или разрушение буксового узла. В данном случае освобождение перегона из-за невозможности следования локомотива самостоятельно или со вспомогательным локомотивом занимает значительное время и приводит к задержке поездов по влиянию, неисполнению графика движения и увеличению непроизводственных потерь. В отдельных случаях освобождение перегона занимает более 7 часов. Также устройство применимо при осмотре колесной пары без выкатки из-под подвижного состава для определения технического состояния, которое включает в себя визуальный контроль и измерение геометрических параметров бандажей, измерение параметров обнаруженных дефектов, проверку посадки бандажей и бандажных колец, нагрев подшипниковых узлов без постановки локомотива на ремонтные позиции.

На сегодняшний день известно несколько способов транспортировки подвижного состава с заклиниванием колесной пары: применение транспортных тележек, вывешивание колесной пары с использованием двух ручных рычажно-гидравлических домкратов, грузоподъемностью 25 т.

Данные способы имеют ряд недостатков, в частности, для установки рычажно-гидравлических домкратов необходима подготовка горизонтальной поверхности земляного полотна, применение специализированых подставок, позволяющих выставить домкрат под корпус буксового узла колесной пары локомотива. С целью устойчивого положения гидравлические домкраты нужно устанавливать на специальные опорные пластины, которые должны укладываться на ровную и твердую поверхность с наружной стороны железнодорожных рельсовых путей на краю шпал. Работнику во избежание соскальзывания колесной пары при ее подъеме с домкратов необходимо точно выставить штоки домкратов в месте опоры колесной пары. Подъем колесной пары двумя домкратами выполняется одновременно для сжатия пружин рессорного подвешивания до соприкосновения витков пружин, после чего производится крепление колесной пары за раму тележки для ее вывешивания.

Применение специализированных транспортных тележек также обусловлено рядом технических вопросов, решение которых на путях общего пользования занимает значительное время.

Для сокращения рабочего времени и улучшения условий труда работников при поднятии неисправной колесной пары тепловоза над железнодорожным рельсом для ее вывешивания с целью транспортировки локомотива в пункт ремонта и снижения материальных расходов из-за задержки графика движения поездов в локомотивном депо Гомель разработано устройство для поднятия неисправной колесной пары тепловоза над железнодорожными рельсами при ее вывешивании.

Устройство для поднятия колесной пары тепловоза над головкой железнодорожного рельса состоит из стального корпуса *1* четырехугольной формы с двумя горизонтальными плоскостями, расположенными параллельно друг другу, одна из которых является основанием *2*, а другая имеет упор *3*, расположенный с одной из торцевых сторон, вертикальные опорные пластины *4* и *5* жестко соединенные с корпусом *1* и втулками *6*, в которых по обе стороны корпуса 1 расположены резьбовые отверстия *7*, при этом по всему периметру корпуса *1* имеются технологические отверстия *8*, также устройство содержит опорные планки *9* и *10*, в верхней части корпус *1* имеет наклонную часть *11* и горизонтальную часть *12*, поверхность с упором *3* обращена в строну колесной пары.

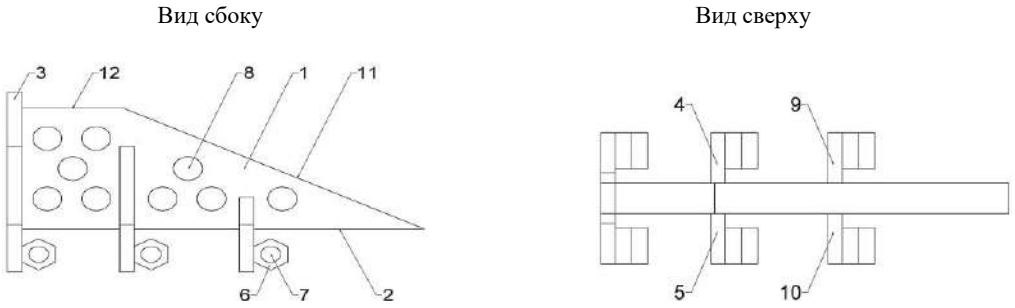


Рисунок 1 – Устройство для поднятия колесной пары тепловоза:
1 – корпус; *2* – основание; *3* – упор; *4, 5* – опорные пластины; 6 – втулка; *7* – резьбовые отверстия; *8* – технологические отверстия; *9, 10* – опорные планки; *11* – наклонная часть; *12* – горизонтальная часть

Устройство для поднятия неисправной колесной пары тепловоза над головкой железнодорожного рельса при ее вывешивании работает следующим образом. Со стороны постановки устройства на железнодорожные рельсы на тепловозе открепить и снять шланги с наконечниками подачи песка под неисправную колесную пару, при необходимости – кронштейн крепления шлангов с двух сторон тепловоза. Устройство основанием *2* установить на поверхность железнодорожного рельса так, чтобы упор *3* упирался в край боковых накладок крепления стыков рельсов, а наклонная часть *11* была направлена в сторону надвига неисправной колесной пары тепловоза. Через резьбовые отверстия *7* втулок *6* устройство закрепить болтами с обеих сторон в боковые части рельса. Наклонную часть *11* смазать любой консистентной смазкой.

Исправной секцией тепловоза произвести плавный и медленный надвиг неисправной колесной пары по наклонной части *11* на горизонтальную часть *12* до момента касания колеса с упором *3*, что приведет к сжатию пружин рессорного подвешивания и подъему колеса над головкой рельса на высоту 35–45 мм. Затем поочередно произвести крепление поднятой над рельсом неисправной колесной пары за раму тележки для обеспечения ее вывешенного положения над рельсом. Произвести медленное и плавное движение тепловоза в обратную сторону от устройства. Произвести снятие устройства с железнодорожных рельсов в порядке, обратном его установке.

Устройство устанавливается и закрепляется болтами с обеих сторон в боковые части рельсов так, чтобы наклонная часть *11* была направлена в сторону надвига неисправной колесной пары тепловоза на горизонтальную часть *12*. При надвиге колесной пары на устройство обеспечивается подъем колесной пары над железнодорожными рельсами, а также сжатие пружин рессорного подвешивания для дальнейшего выполнения работ по закреплению колесной пары к раме тележки и ее вывешивания.

Устройство позволит сократить время подъема неисправной колесной пары над железнодорожными рельсами для ее вывешивания и передвижения тепловоза в пункт ремонта и замены колесной пары, а также уменьшит материальные затраты железной дороги из-за нарушений в графике движения поездов.

УДК 006.015.8: 625.1

ОСОБЕННОСТИ ДЕКЛАРИРОВАНИЯ СООТВЕТСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПРОДУКЦИИ ТРЕБОВАНИЯМ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ ТР ТС 001/2001, ТР ТС 002/2011, ТР ТС 003/2011

З. Ю. ТРЕТЬЯК, Н. М. ПЕРЕКРЕСТОВА, Е. В. ШКРАБОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Техническими регламентами Евразийского экономического союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011), «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта» (ТР ТС 002/2011) и «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» (ТР ТС 003/2011) предусмотрены две формы подтверждения соответствия продукции: сертификация и декларирование соответствия. Указанные формы являются обязательными, а документы об оценке соответствия (сертификат соответствия и декларация о соответствии) имеют равную юридическую силу. Сертификация – это форма обязательного подтверждения соответствия выпускаемой в обращение продукции требованиям технических нормативных правовых актов (ТНПА) органом по сертификации, а декларирование соответствия – изготовителем (уполномоченным изготовителем лицом, поставщиком, продавцом). Перечни продукции, подлежащей сертификации и декларированию соответствия приведены в приложениях к техническим регламентам ТР ТС 001/2011, ТР ТС 002/2011, ТР ТС 003/2011.

Декларирование соответствия включает:

– принятие изготовителем (уполномоченным изготовителем лицом, поставщиком, продавцом) декларации о соответствии продукции;

– регистрацию органом по сертификации принятой декларации о соответствии в Едином реестре выданных сертификатов соответствия и зарегистрированных деклараций о соответствии.

Для принятия декларации о соответствии заявитель проводит необходимые испытания продукции, формирует комплект документов, определенный пунктами 14, 15 статьи 6 ТР ТС 001/2011, пунктами 17, 18 статьи 6 ТР ТС 002/2011, пунктами 17, 18 статьи 6 ТР ТС 003/2011, и оформляет декларацию о соответствии.

Техническими регламентами ТР ТС 001/2011, ТР ТС 002/2011, ТР ТС 003/2011 предусмотрено два вида декларирования соответствия: декларирование соответствия на основании собственных доказательств заявителя и декларирование соответствия на основании собственных доказательств заявителя и доказательств, полученных с участием органа по сертификации и (или) аккредитованной испытательной лаборатории (центра). В технических регламентах ТР ТС 001/2011, ТР ТС 002/2011 приведены перечни продукции для каждого вида декларирования соответствия, в техническом регламенте ТР ТС 003/2011 такой перечень не определен и заявитель сам может выбирать вид декларирования.

Декларация о соответствии может приниматься в отношении конкретной продукции (наименование, тип, вид, марка, артикул) или группы однородной продукции, на которую установлены единые требования, подлежащие подтверждению соответствия, одного изготовителя и при необходимости – на соответствие нескольким техническим регламентам.

Декларация о соответствии оформляется заявителем в соответствии с Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) от 25 декабря 2012 г. № 293 (в редакции Решения Коллегии Евразийской экономической комиссии от 15 ноября 2016 г. № 154). Требования к необходимому комплекту документов регламентированы Порядком регистрации, приостановления, возобновления и прекращения действия деклараций о соответствии продукции требованиям технических регламентов Евразийского экономического союза (ЕАЭС), которое утверждено Решением Коллегии ЕЭК от 20 марта 2018 г. № 41.

В общем виде перечень документов, прилагаемых к декларации, включает в себя:

– заявление о регистрации декларации о соответствии;

– перечень доказательств соответствия продукции требованиям технического регламента;

– учредительные и регистрационные документы заявителя на декларирование;

– копия договора с изготовителем (в том числе с иностранным изготовителем), предусматривающего обеспечение соответствия поставляемой на территорию Союза продукции требованиям технического регламента (технических регламентов) и ответственность за несоответствие такой продукции указанным требованиям (для уполномоченного изготовителем лица);

– декларация о соответствии;

– сопроводительная документация на продукцию;

– конструкторская документация;

– акт отбора типовых образцов продукции;

– протоколы испытаний продукции, полученные в собственной лаборатории заявителя;

– протоколы исследований (испытаний) и измерений, проведенных в аккредитованной испытательной лаборатории (центре);

– технические условия или стандарт организации, по которым производится продукция;

– иные документы (результаты расчетов по апробированным методикам, эксплуатации аналогов), используемые заявителем для подтверждения соответствия продукции;

– обоснование безопасности;

– сертификат системы менеджмента качества.

Орган по сертификации рассматривает представленные заявителем документы и сведения на предмет:

– соблюдения требований к оформлению декларации о соответствии, установленных Решением Коллегии ЕЭК от 25 декабря 2012 г. № 293;

– представления всех требуемых документов и сведений;

– наличия в техническом регламенте требования, устанавливающего, что соответствие определенного вида продукции требованиям технического регламента подтверждается в форме принятия декларации о соответствии;

– соответствия заявителя, принявшего декларацию о соответствии, требованиям технического регламента, устанавливающим круг заявителей для определенного объекта декларирования соответствия (серийный выпуск, партия или единичное изделие).

Много вопросов вызывает необходимость декларирования для конкретного вида продукции. Например, перечень продукции, подлежащей декларированию, включает в себя такие наименования, как «Электрооборудование низковольтное для железнодорожного подвижного состава: контроллеры низковольтные; выключатели; реле электромагнитные (защиты, промежуточные, времени или дифференциальные». К такому наименованию относится продукция: переключатели, контакторы, реле дифференциальные, реле промежуточные, тумблеры, отключатели, включатели, выключатели, автоматические выключатели, контроллеры, кнопки, автоматы управления, автоматы выключения, автоматы защиты, реле защиты, реле времени.

Еще один пункт перечня документов, прилагаемых к декларации о соответствии, вызывающий много вопросов – обоснование безопасности. В каких случаях заявитель должен предоставлять обоснование безопасности? Технические регламенты ЕАЭС устанавливают только общие показатели безопасности, а конкретные значения показателей безопасности детализируются в поддерживающих стандартах (ГОСТ, СТБ, ГОСТ Р, СТ РК и др.), принятых в государствах – членах ЕАЭС. Для подтверждения соответствия заявленной продукции требованиям ТР ТС 001/2011, ТР ТС 002/2011, ТР ТС 003/2011 используются стандарты, включенные в действующую редакцию перечня стандартов, утвержденных Решением Комиссии Таможенного союза от 15.07.2011 № 710, а также в соответствии с пунктом 5 статьи 6 ТР ТС 001/2011 в качестве иных документов используются стандарты или иные документы, которые не вошли в перечень поддерживающих стандартов. Во втором случае, при использовании иных документов, которые не вошли в перечень поддерживающих стандартов, утвержденных Решением от 15.07.2011 № 710, заявителем разрабатывается обоснование безопасности.

Использование стандартов при подтверждении соответствия железнодорожной продукции и необходимость разработки обоснования безопасности рассмотрим на примере декларирования кулачкового переключателя, который также относится к наименованию по ТР ТС «Электрооборудование низковольтное для железнодорожного подвижного состава: контроллеры низковольтные; выключатели; реле электромагнитные (защиты, промежуточные, времени или дифференциальные». Показатели технического регламента ТР ТС 001/2011 и показатели стандартов для подтверждения соответствия кулачкового переключателя приведены в таблице 1.

Таблица 1 – **Требования безопасности для кулачковых переключателей**

Номер пункта, наименование показателя безопасности по ТР ТС 001/2011	Номер пункта, наименование сертификационного показателя по ссылочным ТНПА,
Статья 4, пункт 5б. Железнодорожный подвижной состав и его составные части должны обеспечивать выполнение условий эксплуатации с учётом внешних климатических и механических воздействий	ГОСТ 9219-88, пункт 2.2.1. Устойчивость к климатическим воздействиям
	ГОСТ 9219-88, пункт 2.2.2. Устойчивость к внешним механическим воздействиям (для группы М25)
Статья 4, пункт 5в. Железнодорожный подвижной состав и его составные части должны обеспечивать техническую совместимость с инфраструктурой железнодорожного транспорта и другим железнодорожным подвижным составом, эксплуатирующимся на этой инфраструктуре.	ГОСТ 33798.1-2016, таблица 18, строка Н Усилие переключения или усилие разъема компонентов с ручным приводом
Статья 4, пункт 5н. Железнодорожный подвижной состав и его составные части должны обеспечивать электромагнитную совместимость электрооборудования в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования	ГОСТ 33436.3-2-2015, раздел 5. Требования к допустимым уровням электромагнитных помех, создаваемых аппаратурой и оборудованием железнодорожного подвижного состава
Статья 4, пункт 5о. Железнодорожный подвижной состав и его составные части должны обеспечивать электромагнитную совместимость электрооборудования с устройствами железнодорожной автоматики и телемеханики, железнодорожной электросвязи инфраструктуры железнодорожного транспорта	ГОСТ 33436.3-2-2015, раздел 5. Требования к допустимым уровням электромагнитных помех, создаваемых аппаратурой и оборудованием железнодорожного подвижного состава
Статья 4, пункт 5у. Железнодорожный подвижной состав и его составные части должны обеспечивать безопасность и надежность работы электрооборудования во всем диапазоне режимов эксплуатации (при номинальных и граничных режимах электроснабжения	ГОСТ 9219-88, пункты 2.4.1, 2.4.5. Требования к изоляции
	ГОСТ 33798.1-2016, пункт 8.2.2.1. Превышение температуры частей аппарата
	ГОСТ 33798.1-2016, пункт 8.1.11. Сопротивление изоляции
	ГОСТ 9219-88, пункт 2.11. Механическая износостойкость аппаратов
Статья 4, пункт 7. Выбранные проектировщиком (разработчиком) конструкции железнодорожного подвижного состава и его составных частей должны быть безопасны в течение назначенного срока службы и (или) ресурса, назначенного срока хранения, а также выдерживать воздействия и нагрузки, которым они могут подвергаться в процессе эксплуатации	ГОСТ 33798.1-2016, пункт 8.1.13. Номинальная коммутационная способность (износостойкость)
Статья 4, пункт 12. Железнодорожный подвижной состав и его составные части должны иметь хорошо различимые идентификационные и предупреждающие надписи и маркировку, которые должны быть повторены и пояснены в руководстве по эксплуатации	ТР ТС 001/2011, статья 4, пункт 12. Предупреждающие надписи и маркировка должны быть повторены и пояснены в руководстве по эксплуатации
Статья 4, пункт 14. Составные части железнодорожного подвижного состава в соответствии с конструкторской документацией должны иметь маркировку, обеспечивающую идентификацию продукции независимо от года ее выпуска, в том числе: – наименование изготовителя или его товарный знак, наименование продукции; – дата изготовления. Допускается нанесение маркировки только на упаковку и указание в прилагаемых к составным частям железнодорожного подвижного состава эксплуатационных документах, если ее невозможно нанести непосредственно на составные части железнодорожного подвижного состава ввиду особенностей их конструкции	ГОСТ 33798.1-2016, пункт 6.2. Наличие следующих знаков маркировки: - наименование изделия; - наименование производителя или торговая марка; - тип оборудования; - серийный номер либо дата или код производства
Статья 4, пункт 14. Составные части железнодорожного подвижного состава в соответствии с конструкторской документацией должны иметь маркировку, обеспечивающую идентификацию продукции независимо от года ее выпуска, в том числе единый знак обращения продукции на рынке государств – членов ТС. Допускается нанесение маркировки только на упаковку и указание в прилагаемых к составным частям железнодорожного подвижного состава эксплуатационных документах, если ее невозможно нанести непосредственно на составные части железнодорожного подвижного состава ввиду особенностей их конструкции	ТР ТС 001/2011, статья 4, пункт 14а. Требования к маркировке

Окончание таблицы 1

Номер пункта, наименование показателя безопасности по ТР ТС 001/2011	Номер пункта, наименование сертификационного показателя по ссылочным ТНПА,
Статья 4, пункт 99. Железнодорожный подвижной состав и его составные части, применяемые при их производстве материалы и вещества должны быть рассчитаны на возможность их безопасной переработки или утилизации по истечении назначенного срока службы	ГОСТ 2.601-2013, пункт 4.13 (четвертое перечисление). В эксплуатационных документах, поставляемых с изделием, должна содержаться следующая информация: правила и условия эффективного и безопасного использования, хранения, транспортирования и утилизации изделия

ГОСТ 2.601-2013 «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Эксплуатационные документы» и ГОСТ 9219-88 «Аппараты электрические тяговые. Общие технические требования», используемые для подтверждения соответствия кулачкового переключателя, включены в перечень стандартов, утвержденных Решением Комиссии Таможенного союза от 15.07.2011 № 710. ГОСТ 33798.1-2016 (IEC 60077-1:1999) «Электрооборудование железнодорожного подвижного состава. Часть 1. Общие условия эксплуатации и технические условия и ГОСТ 33436.3-2-2015 (IEC 62236-3-2:2008) «Совместимость технических средств электромагнитная. Системы и оборудование железнодорожного транспорта. Часть 3-1. Железнодорожный подвижной состав. Требования и методы испытаний» используются в качестве иных документов, не включены в действующую редакцию Перечня стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава», и не являются поддерживающими стандартами технического регламента ТР ТС 001/2011. В этом случае заявителю, принимающему декларацию о соответствии, требуется оценить риски использования указанных стандартов и разработать обоснование безопасности технических решений заявленной продукции.

Аналогичным образом могут быть установлены требования безопасности и необходимость разработки обоснования безопасности для всех составных частей железнодорожного подвижного состава, составных частей подсистем и элементов составных частей подсистем инфраструктуры железнодорожного транспорта, подлежащих декларированию соответствия.

Список литературы

1 О безопасности железнодорожного подвижного состава. Технический регламент (ТР ТС 001/2011) : утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июл. 2011 № 710 : с изм. и доп. – М., 2011. – 67 с.

2 О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта. Технический регламент (ТР ТС 002/2011) : утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июл. 2011 № 710 : с изм. и доп. – М., 2011. – 64 с.

3 О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта. Технический регламент (ТР ТС 003/2011) : утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июл. 2011 № 710 : с изм. и доп. – М., 2011. – 52 с.

УДК 629.4:669.18.046.54/.55

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАФИНИРОВАНИЯ СТАЛИ В ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧАХ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ

Н. К. ТУРСУНОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Непрерывно растущие и ужесточённые требования к качеству ответственных литых деталей грузовых вагонов вынуждают производителей обеспечивать более высокие механические и эксплуатационные свойства этих отливок, находя новые перспективные методы воздействия на жидкий металл. Развитие технологий по производству отливок высокого качества позволило существенно повлиять на качество получаемых изделий.

Важнейшая задача, формулируемая машиностроителями перед металлургической отраслью, – существенное повышение качества выплавляемой стали. Прежде всего, это относится к конструкционному металлу, который на данный момент не всегда удовлетворяет требованиям потребителей по эксплуатационным характеристикам. Традиционные приемы внепечной обработки металла при

выплавке исходного полупродукта как в дуговых, так и в индукционных печах имеют ряд ограничений по степени рафинирования от таких примесей, как фосфор, сера, кислород, неметаллические включения и других, во многом определяющих качество готовой металлопродукции.

Увеличение грузоперевозок в мире предъявляет повышенные требования к стали, используемой для изготовления железнодорожных деталей, ставит новые задачи в области металлургии, при этом надежность и долговечность являются важнейшими из них. Выполнение этих требований определяет конкурентоспособность изделий на соответствующем сегменте рынка железнодорожного транспорта. В настоящее время на территории СНГ в качестве тележки грузового вагона используют тележку модели 18-100 и ее модификации. Одним из основных компонентов этой конструкции является «рама боковая», т. к. она объединяет в единую систему надрессорную балку, рессорное подвешивание, колесные пары с буксовыми узлами и навесное тормозное оборудование. Боковую раму отливают из стали 20ГЛ согласно ГОСТ 32400-2013.

Одна из проблем боковых рам – излом. По статистическим данным, на железнодорожном транспорте с ростом грузоперевозок резко увеличились проблемы литых деталей тележек модели 18-100 и за последние 15 лет увеличились изломы боковых рам в 3–5 раз. Излом приводит к выводу ее из эксплуатации, соответственно, к экономическим потерям, а главное, при запоздалом обнаружении дефекта может привести и к человеческим жертвам. В последнее время излом боковой рамы возрос, и производители стараются его остановить или хотя бы снизить риск развития данного дефекта.

Анализ статистики излома, изучение его характера и технологии производства боковых рам показали, что детали по механическим свойствам и по химическому составу основных элементов отвечают требованиям, а причины излома, возможно, связаны с вредным влиянием кислорода, фосфора, серы и неметаллических включений, о чем свидетельствуют и результаты ряда исследований.

В 2016 году были внесены изменения ГОСТ 32400-2013 по химическому составу стали марки 20ГЛ по вредным примесям (массовые доли серы и фосфора не должны превышать 0,020 %) и механическим свойствам. Ряд предприятий сталкивается с проблемой, заключающейся в низких значениях ударной вязкости и прочности, характеризующих механические свойства из-за повышенного содержания фосфора и серы.

Как известно, при выплавке стали в индукционных тигельных печах (ИТП) важную роль играют защитные (покровные) свойства шлака. Основное назначение этих шлаков – уменьшение контакта металла с газовой фазой.

Однако роль шлака при плавке стали в ИТП трактуется неоднозначно. Большинство авторов полагают, что удаление фосфора и серы затруднено, если плавку проводить в ИТП. При этом ряд исследователей отмечают нейтральность шлака к процессам рафинирования, что обусловлено низкой реакционной способностью «холодных» шлаков, нагрев которых происходит только в результате теплопередачи в зоне контакта с поверхностью металла, малой величиной поверхности контакта «металл – шлак», охлаждением шлаков футеровкой тигля и меньшей их жидкоподвижностью, чем в других агрегатах, где возможны рафинировочные процессы. При этом часто делают заключение о недостаточной рафинирующей способности шлаков при ИТП и соответственно предъявляют повышенные требования к металлошихте по содержанию таких элементов, как фосфор и сера. Рафинирование металла в ИТП по традиционным технологическим схемам практически отсутствует.

Другие исследователи считают, что шлак может участвовать в процессе рафинирования металла, но при определенных условиях, например, при уменьшении высоты мениска зеркала металла, или подключении дополнительных установок в своде печи (применение дуги постоянного тока, плазматрона и др.), позволяющих повысить активность шлака. Но второй способ весьма затратный.

Для создания и обеспечения термодинамических и кинетических условий опробовано несколько измененных шлаков, которые отличаются от ранее известных и были реализованы в промышленных условиях.

В настоящей работе выполнены теоретические и экспериментальные исследования по поведению серы и фосфора в сталеплавильной ванне, что позволило в опытно-промышленных условиях провести комплексные исследования по рафинированию стали в ИТП с применением шлаков. При этом, подбирая специальные шлаки и уменьшая высоту мениска зеркала ванны, обеспечивали по-

вышенную рафинирующую способность шлака, что позволило удержать его над металлическим расплавом и уменьшить «сползание» к стенке тигля. Определены термодинамические, кинетические и технологические параметры процесса рафинирования металла с использованием шлака в ИТП. Получены количественные зависимости основных технологических параметров рафинирования металла, положенные в основу новой технологической инструкции производства стали, отражающей влияние температуры на процесс дефосфорации и продолжительность выдержки металла под шлаком в ИТП на конечное содержание серы в металле.

Предложена новая концепция технологии плавки в ИТП, которая позволяет обеспечить эффективное рафинирование металла от фосфора, серы и других вредных примесей за счет использования шлака, увеличения его количества, дополнительного перемешивания шлака и металла, увеличения времени их взаимного контакта. Показано, что обеспечить повышенную рафинирующую способность шлака при плавке стали в ИТП можно за счет подбора специальных шлаковых смесей с пониженной температурой плавления, определенного времени выдержки металлического расплава под шлаками при конкретной температуре ванны, получения плоского мениска металла (например, за счет повышения уровня металла за пределы индуктора либо отключением верхних витков индуктора для снижения высоты мениска) с целью сохранения необходимого по времени контакта жидкоподвижного шлака с рафинируемой ванной за счет уменьшая «сползания» шлака к стенке тигля. Это позволило обеспечить степень дефосфорации до 65 % и степень десульфурации до 60 %. При этом показана роль ТШС в сочетании с алюминием и силикокальцием.

Применение предложенной технологии позволило увеличить степень дефосфорации с 10 до 60 % с достижением содержания фосфора менее 0,020–0,017 %, увеличить степень десульфурации с 50 до 90 % с достижением содержания серы менее 0,008–0,004 %, повысить качество готовой продукции и ее механические свойства, улучшить макро- и микроструктуру металла, заменить дорогой чистый лом (0,015 % P, 0,016 % S) на более дешевый (по сравнению с действующей технологией) и увеличить выход годных деталей железнодорожных тележек на 40 %.

Кроме того, при плавке в индукционных тигельных печах (ИТП) важную роль играют защитные (покровные) свойства шлака. Проницаемость шлаков по отношению к компонентам атмосферы: кислороду, азоту и водороду – в значительной мере определяет газонасыщенность металла и развитие процессов окисления. Процессы массопереноса связаны с диффузионной подвижностью примесей, вязкостью шлака, его составом. С учетом специфики конкретных процессов шлаки могут выполнять и некоторые другие функции, например, поддержание заданного теплового режима в печи.

Обычно шлаки в ИТП с основной футеровкой не выполняют таких функций, как окисление, восстановление, десульфурация и дефосфорация. В процессе плавки металла шлаки в печи образуются в результате окисления компонентов шихты и футеровочных материалов тигля. Эти шлаки обычно удаляют в конце расплавления и наводят «свежие» из боя стекла и кварцевого песка для кислых печей и из извести и плавикового шпата для печей с основной футеровкой. Основное назначение этих шлаков защитить жидкий металл от взаимодействия с атмосферой и уменьшить потери энергии, излучаемой поверхностью зеркала металла. Значительные потери энергии через поверхность шлака приводят к низкой текучести и большим перепадам температур по высоте (до 1200 К).

Шлаки как рафинирующий материал в процессе выплавки металла в ИТП до настоящего времени не нашли широкого применения в металлургической практике. Это обусловлено, прежде всего, низкой реакционной способностью шлаков, разогрев которых происходит только за счет теплопередачи в зоне контакта с поверхностью металла, малой величиной поверхности контакта «металл – шлак», охлаждением шлаков футеровкой тигля, на основании чего часто делают заключение о недостаточной рафинирующей способности шлаков в ИТП, и соответственно предъявляют повышенное требование к металлошихте, по содержанию таких элементов, как фосфор и сера. Рафинирование металлов в ИТП по традиционным схемам практически отсутствует.

Электромагнитные усилия и вызванная ими электродинамическая циркуляция металла деформируют поверхность ванны, которая приобретает выпуклый мениск высотой $\Delta h_{\text{м}}$. Вследствие этого шлак, покрывающий поверхность металла, стекает к стене тигля, вследствие чего приходится давать больше шлакообразующих смесей.

Шлак, скапливающийся у стены тигля и химически взаимодействующий с футеровкой, разъедает ее на большем протяжении, чем при плоской поверхности металла. Кроме того, при циркуляции

металла происходит увеличение экзогенных частиц шлака и продуктов разрушения футеровки тигля в объеме металла. Электромагнитные силы в металлическом цилиндре, помещенном в цилиндрический индуктор, направлены радиально к оси цилиндра (по направлению потока энергии), причем максимальное давление создается этими силами на оси цилиндра.

Ряд исследователей считает, что шлак при индукционной плавке может участвовать в процессе рафинирования металла, но при определенных условиях. Разработаны некоторые приемы, позволяющие повысить активность шлака при выплавке стали в ИТП и использование в качестве шихты относительно дешевого лома с пониженным содержанием кремния, марганца и повышенным содержанием серы и фосфора.

Проведенные исследования положены в основу измененной технологии производства стали в ИТП, что позволило отнести эти печи из пассивной переплавной установки в активный рафинировочный сталеплавильный агрегат.

На основании комплексных полупромышленных исследований разработаны и освоены рациональная технология производства стали 20ГЛ в ИТП и ковшевая обработка с применением РЗМ, обеспечившие уникальное сочетание служебных свойств деталей железнодорожных тележек. Результаты исследования положены в основу измененной технологии производства стали 20ГЛ в ИТП, что позволило значительно повысить эксплуатационные свойства боковых рам.

Список литературы

1 **Голубцов, В. А.** Модифицирование стали для отливок и слитков / В. А. Голубцов, В. В. Лунев. – Челябинск–Запорожье : ЗНТУ, 2009. – 356 с.

2 **Лунев, В. В.** Сера и фосфор в стали / В. В. Лунев, В. В. Аверин. – М. : Металлургия, 1988. – 256 с.

3 **Малиночка, Я. Н.** Сульфиды в сталях и чугунах / Я. Н. Малиночка, Г. З. Ковальчук. – М. : Металлургия, 1988. – 248 с.

4 **Турсунов, Н. К.** Исследование процесса десульфурации конструкционной стали с использованием твердых шлаковых смесей и РЗМ / Н. К. Турсунов, Э. А. Санокулов, А. Е. Семин // Черные металлы. – 2016. – № 4. – С. 32–37.

5 **Турсунов, Н. К.** Исследование процессов дефосфорации и десульфурации при выплавке стали 20ГЛ в индукционной тигельной печи с дальнейшей обработкой в ковше с использованием РЗМ / Н. К. Турсунов, А. Е. Семин, Э. А. Санокулов // Черные металлы. – 2017. – № 1. – С. 33–40.

6 **Егоров, А. В.** Электрометаллургия стали и спецэлектрометаллургия. Электроплавильные печи черной металлургии / А. В. Егоров. – М. : МИСиС, 2007. – 428 с.

7 **Еднерал, Ф. П.** Электрометаллургия стали и ферросплавов / Ф. П. Еднерал. – М. : Металлургиздат, 1955. – 510 с.

8 **Бигеев, А. М.** Теория и технология плавки стали / А. М. Бигеев, В. А. Бигеев. – Магнитогорск : МГТУ. – 2000. – 544 с.

9 **Костяков, В. Н.** Плазменно-индукционная плавка / В. Н. Костяков. – Киев : Наукова думка, 1991. – 205 с.

УДК 629.43:69.18

ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К СТАЛЯМ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Н. К. ТУРСУНОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Улучшение эксплуатационных и технологических свойств, промышленных изделий, повышение технического уровня и качества выпускаемой продукции является одной из основных задач науки, техники и современного машиностроения. Непрерывное ужесточение требований к надежности работы элементов конструкций заставляет более подробно анализировать конкретные условия их работы. Большинство станков, машин и деталей в процессе эксплуатации подвергаются циклическим нагрузкам. Поэтому проблема выносливости материалов актуальна для железнодорожной, автомобильной, авиационной, судостроительной, станкостроительной, энергетической и других отраслей промышленности.

Увеличение грузоперевозок в мире предъявляет повышенные требования к стали, используемой, для изготовления железнодорожных деталей и ставит новые задачи в области металлургии, при этом надежность и долговечность являются важнейшими из них. Выполнение этих требований определяет конкурентоспособность изделий на соответствующем сегменте рынка железнодорожно-

го транспорта. В настоящее время на территории СНГ в качестве тележки грузового вагона используется тележка модели 18-100 и ее модификации (рисунок 1).

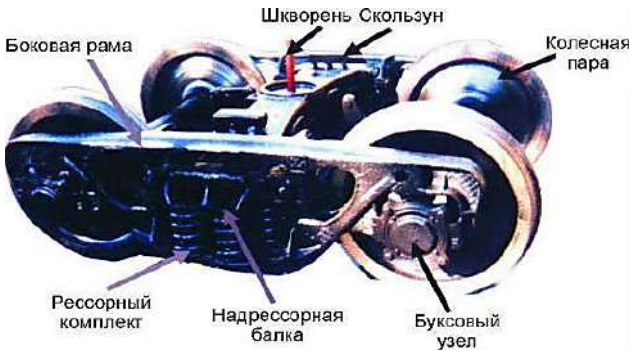


Рисунок 1 – Общий вид тележки модели 18-100

Одним из основных компонентов этой конструкции является рама боковая (рисунок 2), т. к. она объединяет в систему надрессорную балку, рессорное подвешивание, колесные пары с буксовыми узлами и навесное тормозное оборудование. Боковую раму отливают из стали 20ГЛ согласно ГОСТ 32400–2013.

Рисунок 2 – Общий вид боковой рамы тележки модели 18-100:
1 – технологическое отверстие; *2* – технологический проем; *3* – средний проем (рессорный); *4* – фрикционные планки; *5* – буксовый проем; *6* – прилив для тормозной поверхности; *7* – опорная поверхность для тормозного комплекта; *8* – буксовые направляющие (челюсти)

По статистическим данным, с ростом грузоперевозок на железнодорожном транспорте резко увеличились отказы литых деталей тележек модели 18-100 и за последнее 10 лет увеличились изломы боковых рам.

В эксплуатации наблюдается в основном два вида изломов: хрупкий и усталостный. Основными факторами, способствующими этим изломам, являются пониженные механические свойства стали; недостатки технологии выплавки и раскисления стали и несовершенство литейной технологии и разливки стали, приводящие к образованию объемных структурных несовершенств и повышенному количеству неметаллических включений в стали. Излом приводит к выходу ее из эксплуатации и, соответственно, к экономическим потерям, а главное, при запоздалом обнаружении дефекта может привести и к человеческим жертвам.

Несмотря на модификации конструкций и технологий изготовления боковой рамы с целью снижения риска эксплуатационного разрушения, аварии на железных дорогах, количество проблем, связанных с этим дефектом, не уменьшаются, а в ряде случаев увеличиваются.

Центральной заводской лабораторией ДП ЛМЗ проведены исследования по изучению причин изломов боковых рам. Детальный анализ очагов разрушения боковых рам (рисунок 3) показал, что в большинстве случаев в районе излома повышено содержание вредных примесей (в частности, сульфиды и фосфиды), которые приводят к повышению хрупкости металла. Поэтому основным способом предотвращения возникновения излома в эксплуатации является регламентирование содержание вредных примесей в металле.

Рисунок 3 – Излом боковой рамы

Рост требований к свойствам стали, как правило, опережает развитие технологических приемов, направленных на повышение чистоты металла. Вследствие этого необходим дальнейший поиск эффективных способов рафинирования стали.

Традиционные приемы внепечной обработки металла при выплавке исходного полупродукта как в дуговых, так и индукционных печах имеют ряд ограничений по степени рафинирования. От таких примесей, как фосфор, сера, кислород, неметаллические включения и других, во многом зависит качество готовой металлопродукции.

Как известно, химический состав стали входит в число основных параметров, определяющих механические свойства изделия, от оптимального сочетания которых зависит эксплуатационная стойкость и надежность деталей. Боковую раму тележки отливают из низколегированной стали 20ГЛ, 20ГФЛ или 20ФТЛ. Модификаций стали для боковой рамы несколько, но составы у них близки. Обычно это 20ГЛ или 20ГФЛ.

Для подвергающихся эксплуатационному износу деталей необходимо выбирать оптимальное сочетание всех механических свойств, в том числе при низких температурах, так как отливки эксплуатируются также в районах Крайнего Севера. Отмеченные задачи можно решить выбором оптимального химического состава стали, её модифицирования, микролегирования и параметров термической обработки стальных отливок для железнодорожного транспорта, обеспечивающих высокие механические и эксплуатационные свойства отливок с учетом растущих требований.

Список литературы

1 ГОСТ 32400–2013. Рама боковая и балка надрессорная литых тележек железнодорожных грузовых вагонов. Технические условия. – Введ. 2014-07-М. : Стандартинформ, 2014. – 50 с.

2 **Шалимов, А. Г.** Исследование ассимиляции неметаллических включений и поглощения кислорода из металла синтетическим шлаком / А. Г. Шалимов // Теория металлургических процессов : сб. тр. ЦНИИЧМ. – М., 1976. – Вып. 5. – С. 76–84.

3 Электрометаллургия стали и ферросплавов : учеб. для вузов / Д. Я. Поволоцкий [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. М. : Металлургия, 1984. – 568 с.

4 **Еднерал, Ф. П.** Электрометаллургия стали и ферросплавов / Ф. П. Еднерал. – 4-е изд., переработ. и доп. – М. : Металлургия, 1977. – 488 с.

5 Анализ причин повреждения и возможности продления срока службы боковых рам тележек грузовых вагонов / В. И. Сенько [и др.] // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2010. – № 4. – С. 13–18.

УДК 669.18

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СТАЛИ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Н. К. ТУРСУНОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

В последнее время при изготовлении стальных отливок большое внимание уделяется модифицированию жидких расплавов. При модифицировании происходит улучшение качества отливок, которое включает измельчение структуры зерна, уменьшение количества неметаллических включений и изменение их морфологии, дополнительное раскисление и рафинирование стали.

Изменение структуры зерна, уменьшение количества неметаллических включений и придание им более благоприятной формы способствуют повышению пластических свойств металла. В процессе модифицирования также изменяются и технологические свойства стали, повышаются жидкотекучесть, трещиноустойчивость отливок и снижается склонность стали к образованию дефектов газоусадочного характера. Модифицирование стали снижает ликвацию, тем самым, повышает равномерность распределения в отливке углерода, серы и фосфора. Для модифицирования сталей чаще всего используют алюминий, магний, щелочноземельные элементы и редкоземельные металлы (РЗМ). Применение РЗМ для обработки сталей в виде лигатур снижает упругость пара этих элементов, что позволяет значительно повысить их растворимость.

Повышение свойств стали можно достичь за счет снижения количества неметаллических включений и нейтрализации вредных примесей, применяя модифицирование церием. При концентрациях, представляющих практический интерес, церий почти не должен растворяться в железе при температурах сталеплавильных процессов. Растворимость церия в твердых металлах и сплавах весьма ограничена, так как атомы церия отличаются сравнительно большими размерами, что сдерживает образование широких областей растворимости в других металлах в твердом состоянии. Так, в железе растворяется 0,2 % церия. Во многих работах приводятся данные, свидетельствующие о том, что церий является поверхностно-активным элементом. Добавка церия в жидкое железо вызывает снижение его поверхностного натяжения на 100–200 Дж/м^2, что должно способствовать повышению жидкотекучести.

В настоящее время при производстве стали широко применяют РЗМ, обладающие высоким сродством к кислороду, сере, азоту, цветным металлам и другим примесям. Влияние РЗМ проявляется как в снижении содержания этих примесей в стали, так и в переводе их из активных форм в пассивные, что способствует очищению границ зерен и обеспечивает формирование мелкодисперсной дендритной структуры. Очищая сталь от вредных примесей, РЗМ улучшают ее литейные свойства, жидкотекучесть, условия питания и трещиноустойчивость отливок, а также снижают анизотропию механических характеристик стали. Высокая эффективность влияния РЗМ на свойства стали обусловлена их благоприятным воздействием на состав, тип, форму, количество и равномерность распределения образующихся НВ, существенным улучшением макро- и микроструктуры заготовки, снижением ее физической и химической неоднородности, обеспечением повышенной плотности и дисперсности кристаллической структуры во всех зонах литой заготовки, в том числе малого сечения.

Другие исследователи считают, что роль РЗМ состоит в достижении в жидкой стали такого суммарного содержания серы, которое значительно ниже значений, получаемых с помощью обычных десульфураторов, таких как марганец, магний и др.

Настоящая работа посвящена разработке новых технологических приемов выплавки и внепечной обработки, в частности по совершенствованию процессов рафинирования в ИТП и модифицирования стали в сталеразливочном ковше.

Термодинамический анализ показывает, что РЗМ могут образовывать соединения с примесями и газами, находящимися в стали (сера, мышьяк, олово, сурьма, свинец, кислород, азот и др.), т. е. они являются сильными раскислителями и десульфураторами, а также, по мнению ряда исследователей, нейтрализуют вредное влияние фосфора и цветных металлов (рисунок 1).

Как видно из рисунка 1, для образования соединений с меньшими величинами энергии Гиббса необходимо уменьшение содержания вредных примесей, имеющих высокие значения энергии Гиббса в расплаве. Эти данные показывают, что величины свободных энергий образования оксидов РЗМ, применяемых в сталелитейном производстве, довольно близки.

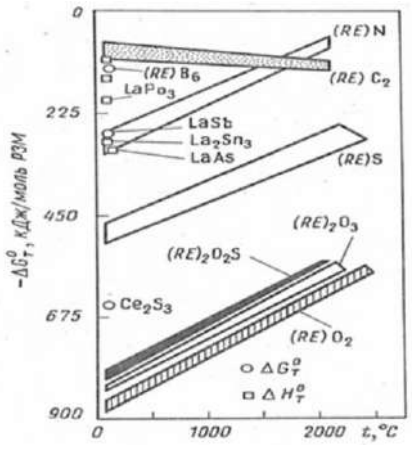


Рисунок 1 – Энергии Гиббса образования соединений РЗМ

Все виды соединений РЗМ имеют температуру плавления выше, чем у железа и плотность незначительно ниже плотности стали, т. е. в жидкой стали образующиеся соединения должны находиться в твердом виде, а их удаление затруднено. Все РЗМ образуют с кислородом оксиды типа R_2O_3. Церий и празеодим могут образовывать оксиды RO_2, а некоторые РЗМ оксиды типа RO.

РЗМ обладают значительным сродством к азоту, соизмеримым со сродством таких нитридообразующих элементов, как титан и цирконий. При вводе в жидкий металл РЗМ реализуют, в первую очередь, прочные связи с серой и кислородом; даже титан и цирконий не имеют такого высокого сродства к сере и кислороду, как РЗМ, и это позволяет им активно участвовать в образовании нитридов, особенно в области высоких температур. При температурах – 900–1100 °С изменение ΔG0 образования нитридов у РЗМ составляет большую величину (порядка 225 кДж/моль РЗМ), но наличие в стали свободного алюминия (0,03–0,04 %), превышающего в десятки раз (с учетом значительной разницы в атомных массах) содержание РЗМ, не позволяет последним участвовать в процессах нитридообразования.

С фосфором РЗМ образует ряд соединений. Это позволяет устранять отрицательное влияние легкоплавких фосфоросодержащих фаз на свойства коррозионностойких и жаропрочных сталей и может быть реализовано только при высоких концентрациях РЗМ в металле. При вводе технологически приемлемых с точки зрения успешной разливки металла количеств РЗМ (0,1–0,2 %) в углеродистые и легированные стали взаимодействие РЗМ с фосфором остается спорным.

РЗМ связывают примеси цветных металлов в прочные химические соединения с высокими температурами плавления и обеспечивают устранение межкристаллитной низкотемпературной и высокотемпературной хрупкости.

В реальных растворах способность участия высокореакционных элементов с примесями, растворенными в стали, определяется двумя факторами: активностью примеси и элемента в железе, определяемой константой равновесия и связанной с ней изменением свободной энергии в результате их взаимодействия.

С жидким железом отклонение от идеальных растворов определяется коэффициентом активности, которое вычисляют с помощью параметров взаимодействия. Однако для реальных условий необходимо учитывать влияние на активность РЗМ также и других компонентов стали. Объем проведенных исследований не позволяет отобразить полностью состояние вопроса, однако имеющиеся данные представляют интерес для дополнительного учета влияния углерода, марганца, содержание которых существенно различается для разных марок стали.

Список литературы

1 **Ицкович, Г. М.** Раскисление стали и модифицирование неметаллических включений. – М. : Металлургия, 1981. – 296 с.

2 **Мовенко, Д. А.** Совершенствование режимов обработки трубной стали церием / Д. А. Мовенко, Г. И. Котельников, А. Е. Семин // Электрометаллургия. – 2012. – № 8. – С. 7–12.

3 Инновационное развитие электросталеплавильного производства / А. Г. Шалимов [и др.]. – М. : Металлургиздат, 2014. – 306 с.

4 Влияние редкоземельных металлов на качество трубной стали / В. В. Кисиленко [и др.] // Электрометаллургия. – 2007. – № 4. – С. 16–20.

5 **Бусиф, А.** Повышение качества конструкционной стали за счет совершенствования технологии рафинирования с применением РЗМ : дис. … канд. техн. наук : 61:85-5/3923 / А. Бусиф. – М., 1985. – 125 с.

УДК 629.4:669.18

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СТАЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА, ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИКАТОРОВ

Н. К. ТУРСУНОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Рост требований к свойствам стали, как правило, опережает развитие технологических приемов, направленных на повышение чистоты металла. Вследствие этого необходим дальнейший поиск эффективных способов рафинирования, легирования и модифицирования стали. В связи с этим разработка новых технологических приемов выплавки и внепечной обработки, позволяющих эффективно рафинировать и модифицировать сталь, является актуальной задачей.

В настоящее время при производстве стали широко применяют порошковую проволоку (ПП), обладающую высоким сродством к кислороду, сере, азоту, цветным металлам и другим примесям. Наиболее эффективно использование ПП совместно с твердыми шлаковыми смесями (ТШС). При этом в каждом конкретном случае необходимо уделить внимание как подбору ТШС, так и уровню окисленности металла перед введением ПП. Влияние ПП проявляется как в снижении содержания вышеотмеченных примесей в стали, так и в переводе их из активных форм в пассивные, что способствует очищению границ зерен и обеспечивает формирование мелкодисперсной дендритной структуры. Очищая сталь от вредных примесей, ПП улучшает ее литейные свойства, жидкотекучесть, условия заливки форм и трещиноустойчивость отливок, а также снижает анизотропию механических характеристик стали. Высокая эффективность влияния ПП на свойства стали обусловлена ее благоприятным воздействием на состав, тип, форму, количество и равномерность распределения образующихся неметаллических включений, существенным улучшением макро- и микроструктуры заготовки, снижением ее физической и химической неоднородности, обеспечением повышенной плотности и дисперсности кристаллической структуры во всех зонах литой заготовки, в том числе малого сечения.

Настоящая работа посвящена разработке новых технологических приемов выплавки и внепечной обработки, в частности, совершенствованию процессов рафинирования и модифицирования стали в сталеразливочном ковше с использованием ПП.

Исходный металл готовили в индукционной тигельной печи вместимостью 6 т. После проведения процесса десульфурации в индукционной тигельной печи, частично снимали восстановительный шлак и металл выпускали в ковш.

С целью повышения эксплуатационной надежности и улучшения механических свойств, сталь в ковше обрабатывали алюминием Al, силикокальцием СК и ПП по четырем различным вариантам, с продувкой аргоном без оголения металла в течение 5 минут. Химический состав стали 20ГЛ, принятый для исследования и термодинамических расчетов, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – **Химический состав стали марки 20ГЛ**

Элемент	C	Mn	Si	S	P	Cr	Cu	Ni	Al
Содержание по массе, %	0,206	1,296	0,427	0,015	0,019	0,162	0,177	0,121	0,026

Результаты плавок с использованием ПП представлены в таблице 2. Начальное содержание серы в металле перед обработкой ПП составляло 0,015 %.

Таблица 2 – **Основные результаты плавок при использовании ПП для десульфурации стали 20ГЛ**

Вариант	Q_R, мас. %	$\tau_{выд}$, мин	$[S]_{кон}$,%	$[O]_{\Sigma}$, %	$[Al]_{кон}$, %	$[V]_{кон}$, %
1	Al – 0,1	5	0,015	0,0095	0,026	–
2	Al – 0,1; СК 30 – 0,1	5	0,014	0,0089	0,030	–
3	Al – 0,1; ПП– 0,1	5	0,011	0,0075	0,044	0,025
4	Al–0,1; СК30 –0,1; ПП – 0,1	5	0,008	0,0016	0,056	0,045

Как видно из данных, приведенных в таблице 2, в зависимости от режима обработки расплава содержание серы в металле снижалось от исходных значений ($[S]_{нач}$) 0,015 % до 0,011–0,008 %. Содержание общего кислорода в металле, обработанном по варианту 4, в 5,9 раза меньше, чем при использовании технологии по варианту 1 (традиционной для данного предприятия).

Результаты исследования механических свойств стали 20ГЛ после нормализации приведены в таблице 3.

Таблица 3 – **Механические свойства стали марки 20ГЛ**

Вариант обработки	Категория свойств				
	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужение ψ, %	Ударная вязкость, кДж/м^2 (при –60 °С)
	не менее				
ГОСТ	343	510	18,0	30,0	200
1	387	534	21,0	37,3	210
2	355	527	24,2	35,2	234
3	402	537	24,0	37,9	417
4	404	534	24,2	38,1	540

Как видно из данных, приведенных в таблице 3, наиболее высокие значения механических свойств получены при обработке металла по варианту 4. В особенности стоит отметить повышение ударной вязкости в 2,7 раза, по сравнению с технологией по базовому варианту (БВ).

Это объясняется, прежде всего, уменьшением количества неметаллических включений в стали и их более равномерным распределением в объеме металла.

Плавки, обработанные ПП, отличаются более высокой раскисленностью и степенью десульфурации. Это приводит, прежде всего, к уменьшению количества оксидных, сульфидных и сложного состава неметаллических включений в стали, а также к равномерному распределению их в объеме металла, которые коагулируют в макроскопления и затем частично удаляются из жидкой стали путем всплывания.

Таким образом, результаты исследования качества стали 20ГЛ, обработанной по различным вариантам в ковше, позволяют сделать следующие выводы:

– предложена новая концепция технологии модифицирования металла, которая позволяет повысить качество готовой продукции, улучшить макро- и микроструктуру металла и увеличить выход годных деталей железнодорожных тележек;

– введение ПП позволило получить металл с существенно меньшим содержанием серы (до 0,008 %), общего кислорода (до 0,0016 %);

– технология процесса модифицирования стали в сталеразливочном ковше вместимостью 6 т, позволила улучшить механические свойства, особенно значение ударной вязкости (увеличение в 2,7 раза по сравнению с традиционной технологией);

– получены количественные зависимости технологических параметров модифицирования металла, положенные в основу новой технологической инструкции производства стали 20ГЛ;

– на основании комплексных полупромышленных исследований разработана и освоена рациональная технология модифицирование стали 20ГЛ с применением порошковой проволоки, обеспечивающая уникальное сочетание служебных свойств деталей железнодорожных тележек.

Результаты исследования внедрены в промышленное производство ДП «Литейно-механический завод» АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Список литературы

1 Praxisorientierte raffination von Stahlschmelzen mit Seltenerd-metallen. Archiv für das Eisenhüttenwesen / Dahl W. [u. a.]. – 1982. – Nr. 1. – S. 5–12.

2 **Мовенко, Д. А.** Совершенствование режимов обработки трубной стали церием / Д. А. Мовенко, Г. И. Котельников, А. Е. Семин // Электрометаллургия. – 2012. – № 8. – С. 7–12.

3 **Шалимов, А. Г.** Инновационное развитие электросталеплавильного производства / А. Г. Шалимов [и др.]. – М. : Металлургиздат, 2014. – 306 с.

4 **Кисиленко, В. В.** Влияние редкоземельных металлов на качество трубной стали / В. В. Кисиленко [и др.] // Электрометаллургия. – 2007. – № 4. – С. 16–20.

5 **Турсунов, Н. К.** Исследование процесса десульфурации конструкционной стали с использованием твердых шлаковых смесей и РЗМ / Н. К. Турсунов, Э. А. Санокулов, А. Е. Семин // Черные металлы. – 2016. – № 4. – С. 32–37.

6 ГОСТ 32400-2013. Рама боковая и балка надрессорная литые тележек железнодорожных грузовых вагонов. Технические условия. – Введ. 2014-07.01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 50 с.

УДК 629.4:539.43

СНИЖЕНИЕ ДЕФЕКТНОСТИ РАМ ПО ТРЕЩИНАМ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

Н. К. ТУРСУНОВ, О. Т. ТОИРОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Выпуск высококачественных и особо ответственных отливок с низкой себестоимостью является главной задачей литейных заводов. При изготовлении отливок вне зависимости от технологии получение литейной формы одним из наиболее часто встречающихся дефектов, которые существенно снижают качество отливок, являются дефекты усадочного происхождения. Глобальными причинами их образования могут быть ошибки при разработке технологии, а также нарушение технологических процессов производства.

В статье рассматриваются только дефекты с усадочным происхождением. Усадочные дефекты обычно образуются в утолщенных местах отливки, которые затвердевают в последнюю очередь, и по сути являются разной степенью развития одного и того же дефекта усадочного характера. Форма образующихся усадочных дефектов зависит от характера кристаллизации сплава в отливке, который в свою очередь, определяется временными, тепловыми параметрами процесса формирования отливки.

Чтобы компенсировать такие дефекты для производства отливок «рама боковая», на литейных заводах используется традиционная технология производства с несколькими прибылями, что приводит к браку литья по газовым раковинам и низкому выходу годного.

Проблема повышения конкурентоспособности техники сегодня во многом определяется качеством изготовления крупногабаритных литых заготовок для ответственных несущих систем. В процессе формирования служебных свойств отливки участвует множество факторов. Каждый фактор важен по-своему и влияет на качество получаемой отливки.

В литейном производстве для обеспечения объемной усадки применяется прибыль – это часть литниковой системы, которая служит для питания отливок во время кристаллизации и предупреждения образования усадочных раковин. После формирования отливки прибыль отделяют от нее, как и всю литниковую систему, и утилизируют.

Увеличение эффективности работы прибылей можно классифицировать на следующие группы:

– повышение эффективности геометрической формы прибыли;

– использование прибылей атмосферного и сверхатмосферного давления;

– теплоизоляция прибылей;

– экзотермический обогрев прибылей.

Учитывая вышесказанное, для повышения эффективности питающих прибылей рекомендуется использовать телескопические экзотермические вставки (рисунок 1). В результате их применения можно сократить объем прибыли до 50 %. В то же время это повышает затраты на выпуск определенной продукции, что требует соответствующей оценки экономической рентабельности их применения.

Рисунок 1 – Общий вид экзотермических вставок с фасонным стержнем

Исследования по применению экзотермических вставок при производстве отливки «рама боковая» проводили в два этапа.

На первом этапе моделировали литейный процесс с использованием программы ProCAST, который заключался в заполнении формы с жидким металлом и его затвердевании (рисунок 2).

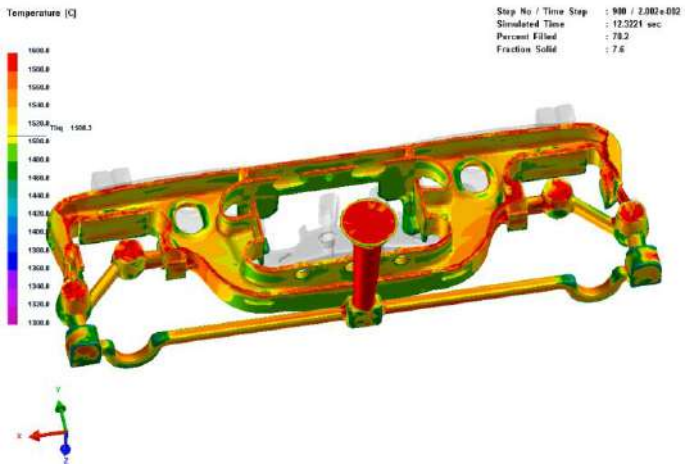


Рисунок 2 – Моделирование литейного процесса отливки «рама боковая»

На втором этапе в места предполагаемого образования раковин устанавливали экзотермические вставки. После заливки формы и охлаждения отливок выполнили разрезание их на две части по предполагаемому месту образования раковин, обнаруженных в процессе моделирования. После этого производили механическую обработку с послойным фрезерованием как отливки, так и самой прибыли. На практике было подтверждено, что место выбора экзотермической вставки определено верно, о чем свидетельствовали плотная структура металла в местах предполагаемого образования усадочных раковин в отливке и затвердевании прибыли с теоретически правильным образованием направления усадки (рисунок 3).

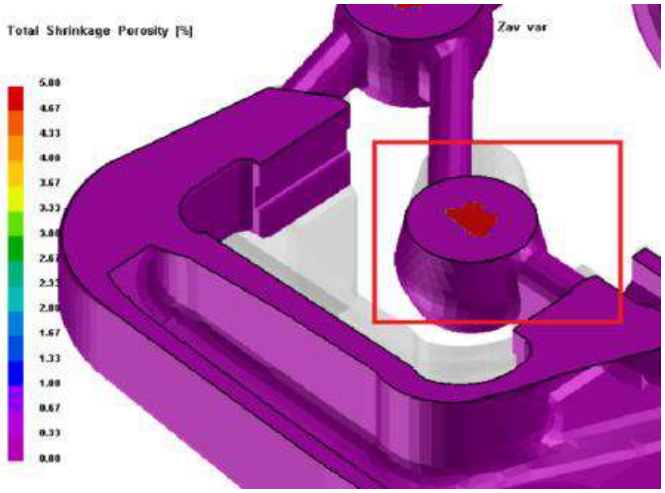


Рисунок 3 – Образования усадочных раковин в отливке

Как уже было отмечено, применение экзотермических вставок позволяет увеличить производительность производства стального литья за счет снижения объема прибылей, увеличения выхода годного литья, качества литья и снижения брака. Таким образом, можно упрощенно сопоставить стоимость экзотермической вставки в пересчете на массу сэкономленного металла к стоимости жидкой стали. На основании этого допущения, можно оценить эффективность применения экзотермических вставок.

Как показали проведенные эксперименты, при подмене обычной прибыли на экзотермические вставки уменьшилась трудоемкость на обрезку и обнаждачивание мест установки прибылей, снизились металлоемкость литейной формы и материальные затраты на шихтовые материалы на 8,7 и 7,7 % соответственно. Применение предложенной технологии позволило увеличить выход годного литья на 7 %.

На основании комплексных полупромышленных исследований разработана и освоена рациональная технология производства литья с применением экзотермических вставок при производстве крупных стальных отливок особо ответственного назначения.

Работа выполнена по согласованию с литейно-механическим заводом (г. Ташкент, Узбекистан). Результаты исследования положены в основу измененной технологии производства отливки «рама боковая».

Список литературы

1 Производство стальных отливок : учеб. для вузов / Л. Я. Козлов [и др.] ; под ред. Л. Я. Козлова. – М. : МИСиС, 2013. – 352 с.

2 **Тен, Э. Б.** Расчет литниковой системы с фильтрующим элементом / Э. Б. Тен, Б. М. Рунов, О. В. Киманов // Литейщик России. – № 12. – 2005. – С. 43–46.

3 Анализ причин повреждения и возможности продления срока службы боковых рам тележек грузовых вагонов / В. И. Сенько [и др.] // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2010. – № 4. – С. 13–18.

4 **Кудрин, В. А.** Теория и технология производства стали : учеб. для вузов / В. А. Кудрин. – М. : Мир; АСТ, 2003. – 528 с.

УДК 629.4:539.43

СНИЖЕНИЕ ДЕФЕКТНОСТИ КРУПНЫХ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ЗА СЧЕТ ВЫПОЛНЕНИЯ МОЩНЫХ УПРОЧНЯЮЩИХ РЕБЕР

Н. К. ТУРСУНОВ, О. Т. ТОИРОВ
Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

А. А. ЖЕЛЕЗНЯКОВ, В. В. КОМИССАРОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Улучшение эксплуатационных и технологических свойств промышленных изделий, повышение технического уровня и качества выпускаемой продукции является одной из основных задач науки и техники. Непрерывное ужесточение требований к надежности работы элементов конструкций заставляет более подробно анализировать конкретные условия их работы. Большинство станков, машин и деталей в процессе эксплуатации подвергаются циклическим нагрузкам. Поэтому проблема выносливости материалов актуальна для железнодорожной, автомобильной, авиационной, судостроительной, станкостроительной, энергетической и других отраслей промышленности.

Основными деталями грузовых вагонов, получаемых методами стального литья, являются боковая рама и надрессорная балка тележки, а также элементы тягового устройства. Наибольшим нагрузкам в процессе эксплуатации подвергается боковая рама тележки. В процессе эксплуатации боковые рамы воспринимают статические и динамические вертикальные нагрузки от веса вагона, ударов при прохождении вагоном неровностей пути. Кроме того, испытывают продольные нагрузки от усилия тяги при неравномерном движении состава, усилия при соударении вагонов, а также испытывают воздействие крутящего момента при вписывании вагонов в кривые. При этом основная часть динамических вертикальных нагрузок носит циклический характер, и усталостная прочность боковых рам (способность длительно противостоять воздействию циклических нагружений) является основной характеристикой их эксплуатационной надежности, т. е. напрямую влияет на безопасность движения.

Одна из проблем боковых рам – излом. Во время эксплуатации излом боковой рамы приводит к экономическим потерям и людским жертвам.

При эксплуатации изделий, в том числе рам, наблюдаются в основном два вида излома: хрупкий и усталостный. Основные факторы, способствующие этим изломам: пониженные механические свойства стали; недостатки технологии выплавки и раскисления стали; несовершенство литейной технологии и разливки стали, приводящие к образованию объемных структурных дефектов и повышенному количеству неметаллических включений в стали. Причины излома боковых рам могут быть разными. Например, по причине образования и развития усталостной трещины, внутренние литейные дефекты (усадочные раковины, горячие трещины), термические напряжения, недоливы, волнистость.

Основным предотвращением возникновения излома является снижение горячих трещин в стальных отливках, регламентирование содержания вредных примесей в металле и соблюдение температурного интервала разливки.

Горячая трещина это дефект в виде разрыва или надрыва тела отливки усадочного происхождения, возникающего в интервале затвердевания. Она имеет сильную окисленную поверхность (темную).

Причины горячих трещин в отливках возникают:

– из-за неправильной конструкции отливок;

– неравномерного охлаждения отдельных частей отливки;

– неправильного выбора подвода металла;

– недостаточного питания мест перехода от одного сечения к другому (массивных узлов);

– недостаточной податливости форм и стержней;

– повышенная температура заливаемого металла;

– повышенное содержание серы, фосфора, водорода и примесей, способствующих появлению легкоплавких соединений.

Анализ факторов образования дефектов показал, что горячие трещины образуются из-за недостаточного упрочняющего воздействия усадочных ребер на внутренних угловых сечениях в зоне R55, а дефекты в виде недолива, неслитины и спая образуются вследствие неудачной конструкции литниковой системы с большой протяженностью каналов и неоптимального подвода жидкого металла к отливке.

В настоящей работе предложена новая концепция по снижению дефектности рам по трещинам за счет выполнения мощных упрочняющих ребер. Утолщенные угловые упрочняющие ребра выполнялись на внутренней стенке отливки. Для этого на центральном стержне в зоне R55 имеющиеся выточки толщиной 4 мм увеличили до 8–9 мм. Результаты показывают, что после использования утолщённого ребра избавились от горячих трещин в зоне R55. В связи с этим были предложены инновационные технологические решения по дополнительному рёберному упрочнению в угловых зонах (R55) буксового проема и изменениям конструкции литниковой системы с установлением фильтров на всех питателях.

Предложение 1. Увеличить количество утолщенных ребер на первом и четвертом R55 с 3 до 4 штук, а на втором и третьем R55 – с 4 до 5 штук с увеличением толщины упомянутых ребер до 8 мм (рисунок 1).

Предложение 2. Удлинить упомянутые ребра по варианту 1 до слияния верхних и нижних ребер и образования скобообразных ребер (рисунок 2).

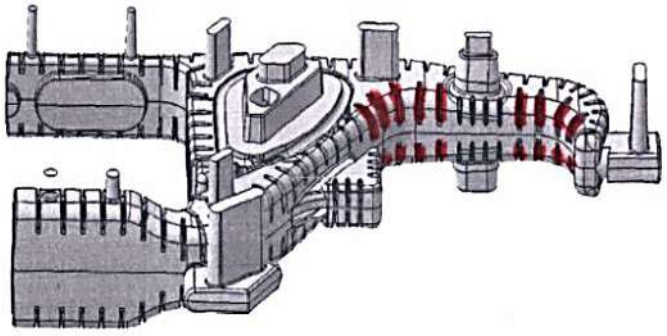


Рисунок 1 – Схема усиления рёберного упрочнения за счет увеличения числа угловых ребер

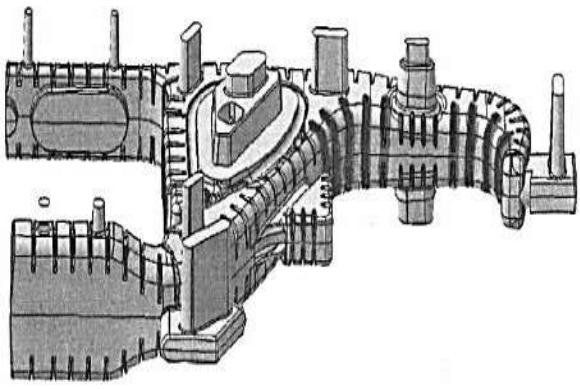


Рисунок 2 – Схема усиления рёберного упрочнения за счет выполнения скобообразных угловых ребер

Предложение 3. Изменить конструкцию литниковой системы и установить фильтры на всех питателях (рисунок 3).

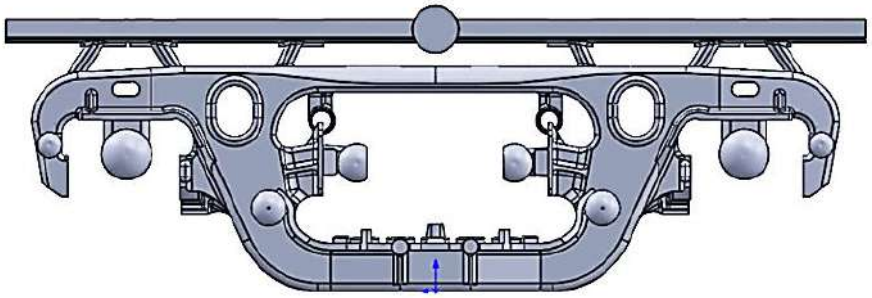


Рисунок 3 – Измененная конструкция литниковой системы с установлением фильтров на всех питателях

Специалистами ИЦ ЖТ БелГУТа на базе Литейно-механического завода (г. Ташкент, Республика Узбекистан) произведено определение несущей способности (долговечности) боковых рам, изготовленных по новой технологии. Были проведены испытания 3 боковых рам, отобранных методом отбора «вслепую» по ГОСТ 18321 (подразд. 3.4) из принятой службой технического контроля продукции. В каждом случае число циклов нагружения до потери несущей способности превысило нормируемую величину. Для двух рам обнаружено 2–3-кратное превышение нормируемой долговечности.

Таким образом, можно констатировать, что предложена и реализована инновационная технология по снижению излома крупных стальных отливок особо ответственного назначения, используемых для литых деталей подвижного состава железнодорожного транспорта, позволяющая выпускать годную литейную продукцию за счет дополнительного рёберного упрочнения в угловых зонах (R55) буксового проема и изменениям конструкции литниковой системы боковой рамы с установлением фильтров на всех питателях, что ведет к равномерному охлаждению отдельных частей, а также позволяет снизить внутренние дефекты и горячие трещины.

Список литературы

1 ГОСТ 32400-2013. Рама боковая и балка надрессорная литые тележек железнодорожных грузовых вагонов. Технические условия. – Введ. 2014-07.01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 50 с.

2 **Григорян, В. А.** Теоретические основы электросталеплавильных процессов / В. А. Григорян, Л. Н. Белянчиков, А. Я. Стомахин. – М. : Металлургия, 1987. – 272 с.

3 Анализ причин повреждения и возможности продления срока службы боковых рам тележек грузовых вагонов / В. И. Сенько [и др.] // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2010. – № 4. – С. 13–18.

4 **Кудрин, В. А.** Теория и технология производства стали : учеб. для вузов / В. А. Кудрин. – М.: Мир, Издательство АСТ, 2003. – 528 с.

УДК 621.74:669.71

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТА МОДИФИЦИРОВАНИЯ ИНДИЕМ НА СИЛУМИНЫ

Т. Т. ФОЗИЛОВ
Московский авиационный институт (НИУ),
Филиал АО «Объединенная двигателестроительная корпорация»,
«Научно-исследовательский институт технологии и организации производства двигателей»,
г. Москва, Российская Федерация

Д. Г. МАМАЕВА
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

В современном мире наибольшее значение имеет безопасность. Одной из приоритетных целей является повышение безопасности в авиа и аэрокосмической отраслях за счет улучшения эксплуатационных свойств материалов, в частности, таких, как прочность, сопротивление разрыву и герметизация [1].

В работе [2] было проведено исследование влияния различных по весу добавок индия на структуру и свойства сплава АК5М2 (предел прочности – 228 МПа, пластичность – 1,33 %). Процесс модифицирования силуминов индием протекает за счет того, что индий – поверхностно-активный модификатор согласно адсорбционной теории. Вводился элемент в чистом виде, 0,05; 0,1; 0,2 мас %, показатели которых составили: 0,05In – прочность 240 МПа; пластичность – 1,71 %, но в последующих случаях предел прочности оставался на уровне немодифицированного, а пластичность не превысила 1,5 %.

В настоящей работе на основе литературы были проведены исследования влияния индия на доэвтектический силумин АК7ч и его термическая обработка, так как, согласно источнику [3], наибольшее модифицирующее воздействие индий показывает при старении.

При введении 0,1 % индия в АК7ч предел прочности возрастал до 173,5 МПа, пластичность же возросла до 3,9 %. Но после добавок 0,2 и 0,3 % модифицирующего воздействия на механические свойства практически нет, т. к. они остаются на уровне немодифицированного сплава (157 МПа прочность и 2,1 % пластичность). После термообработки и добавки индия 0,3 % было получено максимальное значения предела прочности, $\sigma_в$ = 303,3 МПа, δ = 1,8 %, а при введении 0,1 % получена максимальная пластичность δ = 2,2 %, (предел прочности $\sigma_в$ = 301,5 МПа), что превосходит значения немодифицированного сплава (АК7ч после закалки с последующим искусственным старением: $\sigma_в$ = 235 МПа; δ = 1 %).

Введение 0,1 % In способствует измельчению кристаллов кремния и более равномерному распределению дендритов α-твердого раствора, наблюдается распределение модифицированной структуры по объему сплава, с повышением массы добавок происходит небольшое измельчение структуры, это происходит из-за поверхностно-активного действия индия согласно адсорбционной теории.

Список литературы

1 **Рот, А.** Вакуумные уплотнения : пер. с англ. / А. Рот. – М. : Энергия, 1971. – 464 с. : ил.

2 **Рабинович, А. М.** Повышение механических свойств вторичных алюминиевых сплавов путем рационализации их составов и режимов термической обработки; дис. … канд. техн. наук : 05.16.05 / А. М. Рабинович. – Л., 1984. – 215 с. : ил.

3 Алюминий и его сплавы : учеб. пособие / сост. А. Р. Луц, А. А. Суслина. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 81 с. : ил.

УДК 629.463.32

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ВАГОНА-ЦИСТЕРНЫ С УПРУГО-ФРИКЦИОННЫМИ СВЯЗЯМИ В ОПОРАХ КОТЛА, А ТАКЖЕ МЕЖДУ ОПОРАМИ И РАМОЙ

А. В. ФОМИН

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

А. А. ЛОВСКАЯ

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

Обеспечение эффективной эксплуатации железнодорожного подвижного состава как ведущей отрасли транспортной сети, требует внедрения современных конструкций вагонов. При этом обеспечение конкурентоспособности железнодорожной отрасли приводит к повышению требований не только к технико-экономическим показателям подвижного состава, но к возможности адаптации конструкций к соответствующим условиям эксплуатации.

Одним из наиболее нагруженных типов вагонов в эксплуатации являются вагоны-цистерны, что обусловлено податливостью грузов, перевозимых в них. В основном это наливные грузы, имеющие собственную степень свободы вследствие недолива котла.

Кроме того, несущие конструкции вагонов-цистерн испытывают нагрузки, возникающие при эксплуатационных режимах. Наиболее частыми среди них являются вертикальные, обусло-

вленные неровностями пути. Вследствие цикличности действия таких нагрузок может иметь место повреждение несущих конструкций вагонов-цистерн, а следовательно, и необходимость выделения дополнительных затрат на их содержание. Это вызывает необходимость разработки и внедрения мероприятий по усовершенствованию несущих конструкций вагонов-цистерн для уменьшения их динамической нагруженности в эксплуатации [1–3].

С целью уменьшения динамической нагруженности несущей конструкции вагона-цистерны предлагается использование упруго-фрикционных связей между котлом и его опорами, а также между опорами и рамой (рисунок 1).

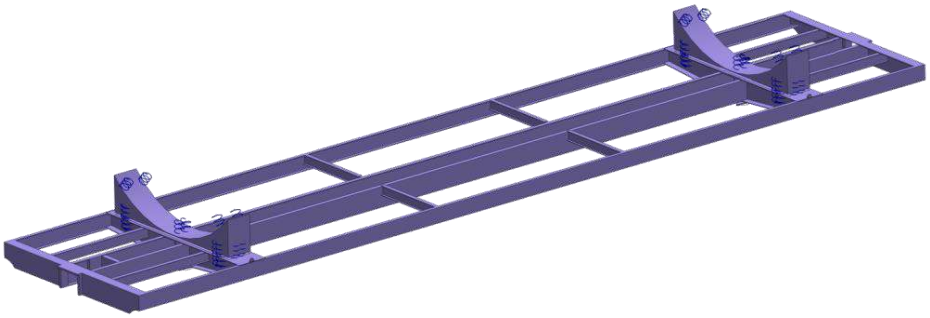


Рисунок 1 – Размещение упруго-фрикционных элементов на опорах котла,
а также между опорами и рамой

Для определения вертикальных ускорений, действующих на котел вагона-цистерны проведено математическое моделирование. При составлении дифференциальных уравнений движения вагона-цистерны учтено, что он движется в порожнем состоянии, так как при этом наблюдается наибольшая вертикальная нагруженность несущей конструкции. Также учтено, что путь имеет упруго-вязкие свойства, а реакции пути пропорциональны как его деформации, так и скорости этой деформации. Неровность пути описывалась периодической функцией.

Связь котла с опорами, опор с рамой и рамы с ходовыми частями описывалась как последовательное соединение. При проведении расчетов учитывались параметры тележки модели 18-100. Расчет осуществлен касательно вагона-цистерны модели 15-1443-06. Решение дифференциальных уравнений движения проводилось в программном комплексе MathCad [4, 5]. При этом начальные перемещения и скорости приняты равными нулю.

Установлено, что использование упруго-фрикционных связей позволяет уменьшить динамическую нагруженность вагона-цистерны по сравнению с прототипом почти на 36 %.

На следующем этапе исследования осуществлен расчет на прочность несущей конструкции вагона-цистерны. Графические работы проведены в программном комплексе SolidWorks. Расчет выполнен по методу конечных элементов в программном комплексе SolidWorks Simulation. Оптимальное количество элементов сетки определено по графоаналитическому методу. В качестве конечных элементов использовались пространственные изопараметрические тетраэдры.

Установлено, что максимальные эквивалентные напряжения возникают в зоне взаимодействия хребтовой балки со шкворневой и составляют около 250 МПа, т. е. не превышают допускаемые [6, 7]. Максимальные перемещения составили 8,3 мм и сосредоточены в зоне люка-лаза.

Проведен расчет проектного срока службы несущей конструкции вагона-цистерны. При этом использована методика, изложенная в [8]. Установлено, что проектный срок службы более чем на 20 % выше срока службы вагона-прототипа. Важно сказать, что полученная величина проектного срока службы должна быть уточнена с учетом дополнительных исследований продольной нагруженности несущей конструкции вагона-цистерны и экспериментальных (натурных или стендовых) исследований.

Также в рамках исследования проведен расчет сопротивления усталости несущей конструкции вагона-цистерны. При этом коэффициент сопротивления усталости равен 4,2. В связи с отсутствием экспериментальных данных допускаемое значение коэффициента запаса сопротивле-

ния усталости принято равным 2,2. Следовательно, усталостная прочность несущей конструкции вагона-цистерны обеспечивается.

Проведенные исследования позволят повысить эффективность эксплуатации вагонов-цистерн, а также будут способствовать созданию их инновационных конструкций.

Список литературы

1 **Собержанский, А. Н.** Совершенствование конструкций вагонов-цистерн / А. Н. Собержанский, Л. В. Цыганская // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 35. – С. 25–28.

2 Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages / G. Vatulia [et al.] // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 187. – P. 301–307. – DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.379.

3 **Iman H. Ashtiani.** Investigation of coupled dynamics of a railway tank car and liquid cargo subject to a switch-passing maneuver / Iman H. Ashtiani, Rakheja Subhash, Ahmed Waiz // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. – 2019. – Vol. 233, is. 10.

4 Dynamic load computational modelling of containers placed on a flat wagon at railroad ferry transportation / O. Fomin [et al.] // VIBROENGINEERING PROCEDIA. – 2019. – Vol. 29. – P. 118–123.

5 Dynamic load effect on the transportation safety of tank containers as part of combined trains on railway ferries / O. Fomin [et al.] // Vibroengineering Procedia. – 2019. – Vol. 29. – P. 124–129.

6 ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). – Київ, 2015. – 162 с.

7 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – Введ. 2016-07-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 54 с.

8 **Устич, П. А.** Надежность рельсового нетягового подвижного состава / П. А. Устич, В. А. Карпыч, М. Н. Овечников. – М. : Вариант, 1999. – 416 с.

УДК 629.463

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ СО СМЕННЫМИ КУЗОВАМИ

А. В. ФОМИН, П. Н. ПРОКОПЕНКО
Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

С. В. КАРА
Филиал «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт железнодорожного транспорта» АО «Украинские железные дороги», г. Киев

Железнодорожный транспорт Украины обеспечивает более 60 % всех грузовых перевозок страны. При этом эффективность использования многих типов вагонов не является достаточной. Коэффициент порожнего хода отдельных типов вагонов для перевозок сыпучих грузов, цистерн различных типов может составлять 50 % при значительных простоях вагонов в течение года. При этом коэффициенты порожнего хода и общая эффективность более универсальных вагонов, таких как полувагоны, вагоны-платформы являются более оптимальными. В качестве дополнительной проблемы можно рассматривать избыточный вагонный парк отдельных типов вагонов со значительным сроком службы, для повышения эффективности перевозок которого вагоны модернизируют под другие типы грузов, что, в свою очередь, приводит к значительным капиталовложениям при незначительном остаточном ресурсе подвижного состава. В связи с этим целесообразным является создание предпосылок для проектирования более универсальных вагонов с возможностью оперативной замены кузовов для повышения эффективности их эксплуатации и перевозок большего количества типов грузов.

Целью работы является разработка технических решений грузовых вагонов универсальной конструкции с возможностью замены кузовов.

Процесс модернизации вагона для изменения типов перевозимых грузов в соответствии ГОСТ 15.902 и положения об организации работ по продлению срока службы вагонов, состоит из значительного количества регламентных работ:

– разработка и согласование технических требований и технического задания на модернизацию;

– опытно-конструкторские работы, а именно проведение комплекса нормативных расчетов, выбор оптимальных конструктивных решений, разработка и согласование конструкторской документации на модернизацию;

– изготовление опытного образца;

– проведение предварительных, приемочных испытаний и дополнительных контрольных ресурсных испытаний в случае, если вагоны имеют окончившийся срок службы;

– доработка конструкции в случае замечаний по результатам испытаний;

– разработка технических условий на модернизацию;

– проведение приемной комиссии, утверждение технических условий на модернизацию;

– освоение производства, проведения квалификационных испытаний, серийное производство модернизированных вагонов.

Проблема проведения модернизации заключается не только в большом количестве регламентных работ, но и в том, что конструкция, разработанная для перевозок конкретных грузов, при таких модернизациях требует значительных и в большинстве случаев дорогостоящих изменений, т. к. такие работы значительно влияют на безопасность движения.

В качестве примера разработано техническое решение универсального вагона-цистерны с возможностью замены котла для перевозок различных наливных грузов.

В основу технического решения поставлена задача усовершенствования железнодорожного вагона-цистерны путем создания сменного модуля котла, который может быть заменен в зависимости от типа жидких грузов, как следствие – улучшение эффективности эксплуатации железнодорожной цистерны.

Поставленная задача достигается тем, что в железнодорожной цистерне, которая содержит тележки, раму, тормозное оборудование, автосцепное устройство, котел, крепления котла к раме и опоры котла на раму (согласно техническому решению), рама имеет дополнительные опоры, на которые устанавливаются опоры котла на раму, при этом рама, опоры котла на раму и крепления котла к раме являются сменными частями вагона.

Суть технического решения поясняется иллюстративным материалом (рисунок 1), где изображена железнодорожная цистерна, которая содержит тележки *1*, раму *2* с дополнительными опорами *3*, тормозное оборудование (не обозначено), автосцепное устройство *4*, котел *5*, крепления котла к раме *6*, опоры *7* котла на раму. На рисунке 2 изображены тележки *1*, рама *2* с дополнительными опорами *3*, тормозное оборудование (не обозначено), автосцепное устройство *4* – железнодорожная цистерна с демонтированными котлом, креплениями котла к раме и опорами котла на раму (сменными частями вагона согласно техническому решению).

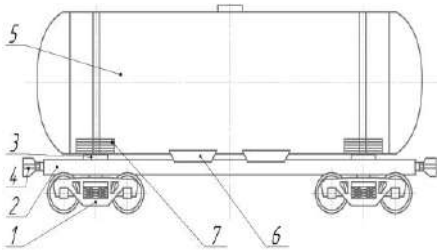


Рисунок 1 – Железнодорожный вагон-цистерна

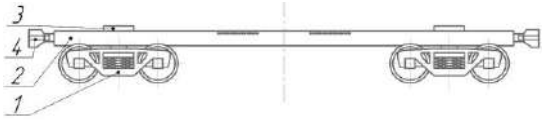


Рисунок 2 – Железнодорожный вагон-цистерна с демонтированными котлом, креплениями котла к раме и опорами котла на раму

Снятие котлов возможно также для улучшения работ по ремонту, техническому диагностированию, промывке, пропарке и т. д.

Применение предложенного технического решения позволит повысить эффективность эксплуатации железнодорожной цистерны в результате конструктивной возможности замены котла в зависимости от типа жидкого груза.

Объектом дальнейших исследований являются прочностные и усталостные расчеты конструкций вагонов со сменными кузовами, а также моделирование динамики в связи с возможным повышением центра тяжести таких вагонов из-за дополнительных креплений на раме вагона.

Данная публикация выполнена в рамках проекта: «Разработка концептуальных основ для восстановления эффективного функционирования устаревших грузовых вагонов (Development of conceptual frameworks for restoring the efficient operation of obsolete freight cars» (Регистрационный номер проекта: 2020.02/0122), финансирование которого осуществляется Национальным фондом исследований Украины за средства государственного бюджета.

УДК 629.4:621.311

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ МЕТОДАМИ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

С. Я. ФРЕНКЕЛЬ, А. П. ДЕДИНКИН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В структуре расходов Белорусской железной дороги в период с 2015 по 2020 год доля затрат на дизельное топливо и электрическую энергию для тяги поездов составляет примерно 16 %. Устойчива тенденция на увеличение при этом доли электрической энергии относительно дизельного топлива, вызванная постепенной электрификацией эксплуатируемых участков и соответствующим переходом на электротягу. Для планирования, учета, контроля, а также рационального использования расхода энергоресурсов на тягу поездов важно обеспечить эффективный механизм прогнозирования их расхода.

Прогнозирование расхода дизельного топлива и электрической энергии на тягу поездов подразделяется на два основных направления: расчет потребного количества на поездку, а также расчет потребного количества для подразделения локомотивного хозяйства. В первом случае такого рода прогноз необходим для оценки качества работы локомотивной бригады и теплотехнического состояния локомотива или дизель(электро)-поезда. Наличие эффективного механизма прогнозирования на поездку позволяет реализовывать мероприятия по стимулированию рационального потребления энергоресурсов на тягу поездов среди работников локомотивного хозяйства, а также избегать их перерасхода путем своевременного доведения локомотива или дизель(электро)-поезда до надлежащего теплотехнического состояния. Спецификой данного направления является то, что зачастую достаточно точно определить факторы, оказывающие наиболее существенное влияние на расход энергоресурсов, возможно только после непосредственного совершения поездки.

Прогнозирование для подразделения локомотивного хозяйства используется для точного планирования расхода энергоресурсов на основную деятельность Белорусской железной дороги в прогнозном периоде. Важным при этом является выполнение показателей по энергосбережению, доведенных вышестоящими органами государственного управления. Кроме того, выполняется анализ влияния тех или иных факторов эксплуатационной работы на расход энергоресурсов подразделениями в целом.

В обеих разновидностях прогнозирования расхода энергоресурсов на тягу поездов приемлемым является использование методов регрессионного анализа. В целом регрессионный анализ – набор статистических методов исследования влияния одной или нескольких независимых переменных (регрессоров, предикторов) на зависимую переменную (критериальную). Выполняется с целью определения степени детерминированности вариации критериальной переменной предикторами, предсказания значения зависимой переменной с помощью независимой(ых), определения вклада отдельных независимых переменных в вариацию зависимой.

Уравнение регрессии находится путем последовательного введения в состав модели переменных факторов. Для изучения тесноты связи между функцией отклика y и несколькими факторами $x_1, x_2, \ldots, x_m$ используют коэффициент множественной корреляции R. Он всегда положителен и изменяется от 0 до 1. Величину R^2 называют множественным коэффициентом детерминации. Его значение даёт численную оценку того, насколько изменчивость предсказываемой величины объясняется включенными в модель факторами.

При существовании линейного соотношения между переменными общее выражение уравнения регрессии записывается в виде

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \ldots + b_mx_m, \quad (1)$$

где b_0 – постоянная регрессии; $b_1, b_2, \ldots, b_m$ – коэффициенты регрессии. Индекс при коэффициенте соответствует индексу объясняющей переменной. Так, b_1 указывает среднюю величину изменения y при изменении x_1 на одну единицу при условии, что другие переменные остаются без изменения; b_2 показывает, на сколько единиц в среднем изменится y если переменная x_2 изменилась на единицу при условии, что переменные x_k остались бы без изменения, и т. д.; $x_1, x_2, \ldots, x_m$ – объясняющие переменные.

К группе факторов, оказывающих постоянное влияние на расход дизельного топлива и электрической энергии, относят среднее значение коэффициента полезного действия локомотива или дизель(электро)-поезда, его техническое состояние, средние метеорологические условия и т. д. К группе переменных факторов относят такие показатели, как перевозочная работа, масса состава, пробег, участковая и техническая скорость движения, осевая нагрузка, время и число стоянок, число осей.

При построении многофакторной регрессионной модели рекомендуется обращать внимание на взаимное влияние факторов, входящих в нее. Наличие в ней взаимосвязанных составляющих ведет к дублированию их влияния на функцию отклика и, в конечном итоге, к искажению результатов моделирования. Во избежание этого необходимо определять факторы, имеющие высокую степень взаимной корреляции, и возможно, исключать некоторые из них. Высокой принято считать корреляцию, характеризующуюся коэффициентом $r \geq 0{,}75$. Для проверки данного показателя строится матрица парных коэффициентов корреляции (корреляционная матрица).

При построении регрессионной модели расхода энергоресурсов за поездку необходимо также определить величины прогнозного и накопительного периодов данной модели. Под накопительным понимается период времени, за который принимают исходные данные для расчета коэффициентов уравнения регрессии, под прогнозным – период, в течение которого построенная регрессионная модель будет использована для прогнозирования расхода энергоресурсов. По истечении прогнозного периода предполагается перерасчет коэффициентов уравнения регрессии, смещая при этом накопительный период вперед на величину прогнозного.

В случае если накопительный период мал, объем данных, предназначенных для построения регрессионной модели, может быть недостаточным. Если же накопительный период окажется слишком большим, то в этом случае модель будет «инерционна» и слабо восприимчива к изменяющимся условиям эксплуатационной работы в тяге поездов. Соответственно накопительному необходимо определять и прогнозный период.

Кроме того, применение регрессионного анализа для нормирования расхода дизельного топлива и электрической энергии в большинстве случаев требует преобразования информации из маршрута машиниста к виду, удобному для последующей обработки. Это информация о номере маршрута, дате поездки, серии локомотива и его номере, табельном номере машиниста, коде участка, по которому осуществлялось движение, пробеге и выполненной перевозочной работе, фактическом расходе дизельного топлива (электрической энергии) за поездку, числе остановок на промежуточных станциях и др. Из маршрута можно определить время хода поезда по участку (разность между временем прибытия поезда на конечную станцию и временем его отправления с начальной станции).

Построенные таким образом уравнения регрессии возможно использовать как для прогнозирования расхода дизельного топлива и электрической энергии для подразделений локомотивного хозяйства, так и для задания по расходу энергоресурсов на поездку локомотивной бригаде. При этом за нормативную принимается некоторая среднестатистическая поездка. Повсеместное применение вычислительной техники и автоматизация расчета коэффициентов влияния позволяют ускорить процесс прогнозирования и повысить его качество за счет обработки больших объемов поступающей информации о поездках, а также снизить влияние субъективного фактора на качество прогнозирования. Возможно также разделение регрессионных моделей по видам движения, сериям локомотивов, обслуживаемым участкам, временам года и т. д. [1]

Подход к прогнозированию расхода дизельного топлива, основанный на использовании регрессионных моделей, реализован в действующем в настоящее время СТП БЧ 17.217-2012 «Расчет норм расхода дизельного топлива на тягу поездов для подразделений локомотивного хозяйства Белорусской железной дороги». В целом использование регрессионного анализа позволяет повысить качество процесса прогнозирования расхода энергоресурсов на тягу поездов. Особое значение это приобретает в условиях значительного повышения в последнее время для Белорусской железной дороги стоимости как дизельного топлива, так и электрической энергии.

Список литературы

1 **Френкель, С. Я.** Многофакторная модель расхода энергоресурсов в пассажирском движении / С. Я. Френкель, Р. К. Гизатуллин, А. П. Дединкин // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2011. – № 1. – С. 103–106.

УДК 629.4.016.15

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА РАСХОД ТОПЛИВА НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ

С. Я. ФРЕНКЕЛЬ, А. П. ДЕДИНКИН, В. А. КУНЕЦ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

К. А. ТКАЧУК
Белорусская железная дорога, г. Минск

Объективное нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на тягу поездов является важнейшей предпосылкой решения проблемы энергосбережения. Цель нормирования заключается в установлении плановой меры потребления энергоресурсов на выполняемый объём транспортной работы заданного качества, вскрытии внутренних резервов экономии ТЭР и определении потребности в ТЭР на планируемый период.

Для подразделений локомотивного хозяйства нормы расхода топлива в рассматриваемом периоде времени (месяц, квартал, год) определяют, как правило, путём корректировки величины фактического расхода топлива для выбранного вида движения в соответствующем периоде времени предыдущего года, принимаемого за базовый. Корректировку расхода топлива выполняют в соответствии с величиной и направлением изменения средних значений нормообразующих факторов. Количественную связь между изменением удельного расхода топлива (расхода на измеритель работы) и изменением эксплуатационных факторов, называемых также нормообразующими, определяют коэффициенты влияния в соответствии с выражением

$$e = e^{б} + \sum_{1}^{n} k_i (x_i - x_i^{б}), \qquad (1)$$

где e – планируемый удельный расход топлива; $e^{б}$ – фактический удельный расход топлива в базовом периоде; k_i – коэффициент влияния i-го фактора; x_i, $x_i^{б}$ – значения i-го нормообразующего фактора соответственно в нормируемом и в базовом периодах времени.

При таком подходе точность прогноза удельного расхода топлива в значительной степени определяется выбором нормообразующих факторов и значениями коэффициентов их влияния.

Общим недостатком как одного, так и другого подхода является то, что изменение удельного расхода топлива вследствие изменения i-го нормообразующего фактора $\Delta e_i = k_i \Delta x_i$ вычисляют по изменению среднего за рассматриваемый период его значения. Значение коэффициента влияния принимают для среднего за рассматриваемый период значения нормообразующего фактора.

Для повышения качества прогнозирования удельного расхода топлива целесообразно рассматривать изменение не среднего значения для всего диапазона изменения нормообразующего фактора, а разбив весь диапазон на отдельные интервалы, рассматривать изменение среднего значения нормообразующего фактора для каждого интервала.

В этом случае для вычислений требуется значение коэффициента влияния для каждого интервала. То есть целесообразно построить функцию влияния для каждого из рассматриваемых нормообразующих показателей, которая позволит рассчитывать значение коэффициента влияния для любого значения нормообразующего фактора.

Для построения выражений, позволяющих вычислять значения коэффициентов влияния некоторых нормообразующих факторов, можно использовать информацию, содержащуюся в базе данных автоматизированной системы интегрированной обработки маршрутов машиниста (АС ИОММ). Так, при построении полей рассеяния для перевозочной работы, массы состава, нагрузки на ось влияние этих факторов на удельный расход топлива становится очевидным. Построив линию тренда и продифференцировав уравнение, описывающее эту линию, получаем выражение для зависимости соответствующего коэффициента влияния от нормообразующего фактора (функцию влияния).

Так, по данным маршрутов машиниста одного из локомотивных депо Белорусской железной дороги для грузового движения построены графические зависимости функций влияния перевозочной работы, которые приведены на рисунке 1, *а*.

а) *б*)

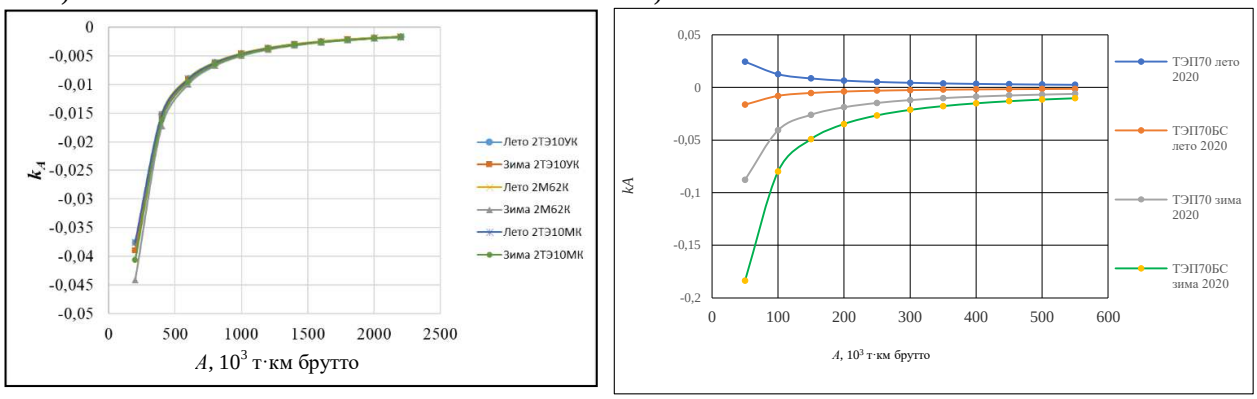


Рисунок 1 – Изменение коэффициента влияния перевозочной работы:
а – грузовое движение; *б* – пассажирское движение

Из рисунка 1, *а* видно, что что время года и серия локомотива мало влияют, например на функцию влияния перевозочной работы. Следовательно, при прогнозировании изменения удельного расхода топлива можно принимать одну и ту же функцию влияния независимо от времени года и серии локомотива.

Однако при исследовании данных для пассажирского движения были получены зависимости, приведённые на рисунке 1, *б*.

Очевидно, что характер кривых для летних месяцев, особенно для тепловозов ТЭП70, отличается от зимних и от аналогичных кривых, построенных для грузового движения. Анализ полей рассеяния, приведённых на рисунке 2 *а*, позволяет выделить поездки с удельным расходом до 25 кг/10^4 тк·м, выполненные в основном с работой до 175×10^4 т·км.

Все эти поездки выполнены поездами с одним и тем же номером, при этом техническая скорость в соответствии с графиком движения значительно ниже, чем у остальных поездов. Исключив данные об отмеченных поездках (рисунок 2, *б*) и построив функции влияния, получаем зависимости, приведённые на рисунке 3.

а) *б*)

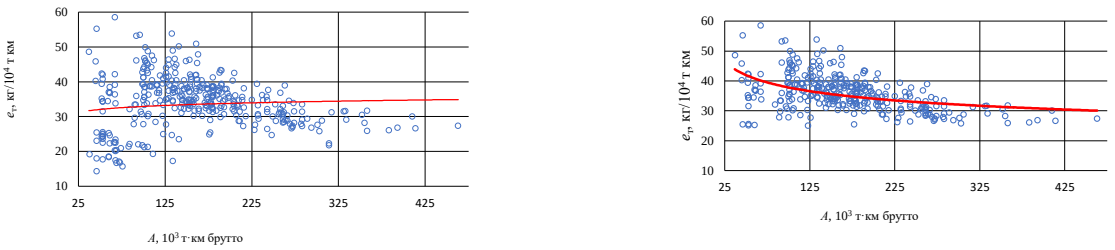


Рисунок 2 – Поля рассеяния удельного расхода топлива на поездку

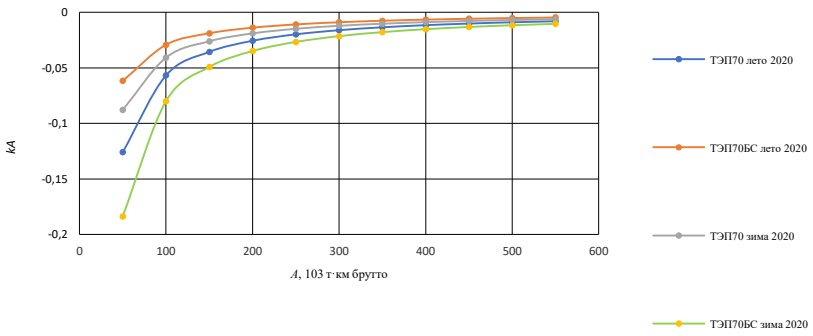


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента влияния перевозочной работы

Таким образом, при построении функций влияния некоторых факторов, определяющих удельный расход топлива на тягу поездов, например перевозочной работы, следует рассматривать отдельно поезда, график движения которых значительно отличается от других, что проявляется на соответствующих полях рассеяния.

УДК 629.4.016.15

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ МАГИСТРАЛЬНЫМИ ЛОКОМОТИВАМИ

С. Я. ФРЕНКЕЛЬ, А. А. ЯНЧЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

О. А. КОМАРИНЦЕВ
Белорусская железная дорога, г. Гомель

В практике энергетических расчётов, связанных с движением поездов, широкое применение находят статистические методы моделирования расхода энергоресурсов на тягу поездов. Сущность таких методов состоит в определении корреляционных связей между значением расхода энергоресурсов и случайными значениями факторов, его определяющих, в виде уравнения регрессии. Исходными данными для составления уравнений регрессии может служить информация из маршрутов машиниста.

Для исследования приняты маршруты машиниста при работе в грузовом и пассажирском движении. Информация о маршрутах получена из базы данных АС ИОММ в формате табличного процессора Microsoft Excel.

Анализ маршрутных листов показывает, что расход энергоресурсов изменяется в широких пределах, что в значительной степени определяется воздействием случайных факторов, изменяющихся от поездки к поездке. Приведённые на рисунках 1, 2 поля рассеяния дают представление о влиянии на расход электроэнергии за поездку одного из наиболее значимых эксплуатационных факторов – перевозочной работы.

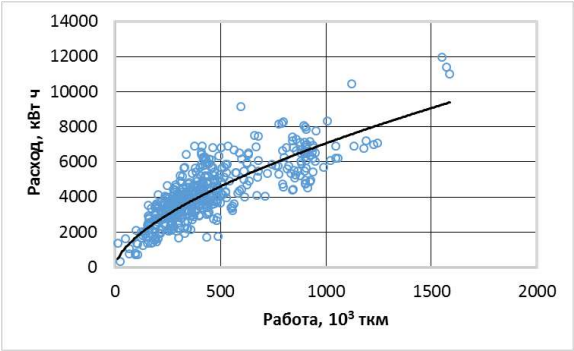


Рисунок 1 – Зависимость расхода электроэнергии от выполненной перевозочной работы

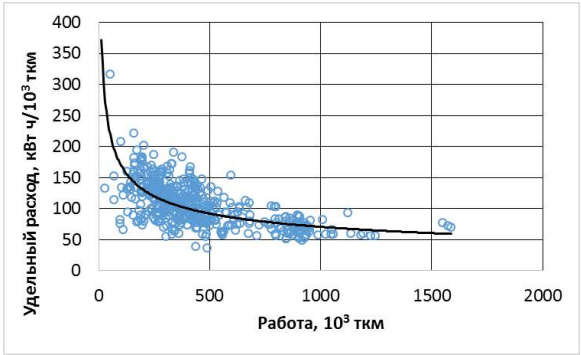


Рисунок 2 – Зависимость удельного расхода электроэнергии от выполненной перевозочной работы

На рисунках 1, 2 следует отметить заметный разброс точек, каждая из которых представляет одну поездку. Этот разброс отражает влияние других значимых факторов.

Разграничить действие отдельных факторов и оценить их влияние на расход энергоресурсов за поездку можно методами регрессионного анализа. На практике широкое применение нашли многофакторные регрессионные модели. Построение регрессионных моделей позволяет оценить одновременное влияние на расход энергоресурсов нескольких случайных факторов, что характерно для рассматриваемой задачи.

Таким образом, применение статистических методов обработки информации из маршрутных листов позволяет моделировать расход топлива или электроэнергии на тягу поездов за поездку.

Для оценки качества модели расхода электроэнергии построены поля рассеяния, приведённые на рисунках 3, 4, полученные в результате моделирования расхода электроэнергии на тягу поездов. Сравнение с полями рассеяния, приведёнными на рисунках 1, 2 позволяет сделать вывод о достаточно хорошем совпадении результатов моделирования с данными о расходе электроэнергии в реальных поездках.

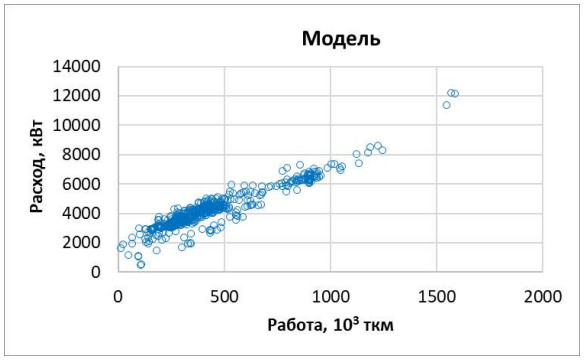


Рисунок 3 – Зависимость удельного расхода электроэнергии от выполненной перевозочной работы (модель)

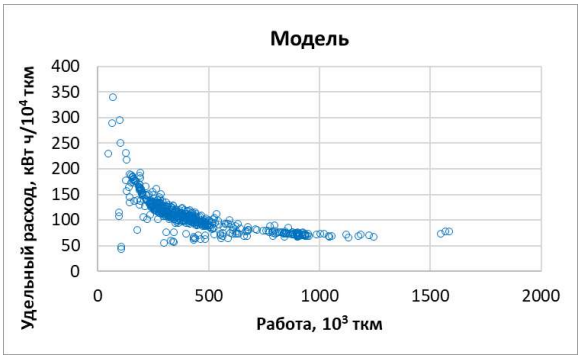


Рисунок 4 – Зависимость удельного расхода электроэнергии от массы состава (модель)

Для построенных по некоторым эксплуатационным факторам полей рассеяния определены линии тренда по сезонам, приведённые на рисунке 5.

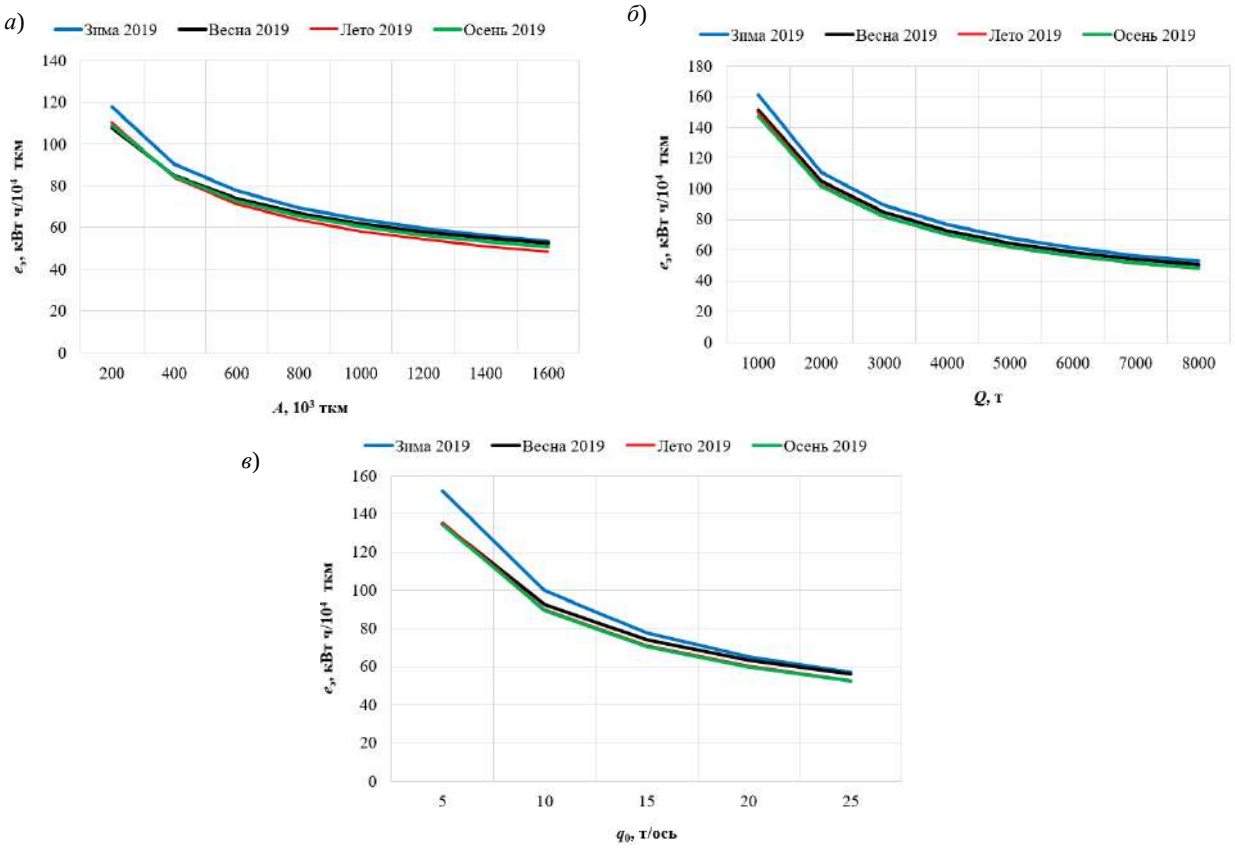


Рисунок 5 – График и зависимости удельного расхода электроэнергии:
а – от перевозочной работы; *б* – от массы состава; *в* – от осевой нагрузки

На рисунке 5 видно, что кривые, относящиеся к весне, лету и осени мало отличаются друг от друга. Кривые, построенные для зимы, проходят выше остальных, подтверждая увеличение расхода энергоресурсов на тягу поездов зимой. Аналогичные результаты получены и для пассажирского движения.

УДК 656.22

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СИЛ ПРИ ЗАКРЕПЛЕНИИ ВАГОНОВ ТОРМОЗНЫМИ БАШМАКАМИ

О. С. ЧАГАНОВА, М. Ю. СТРАДОМСКИЙ, О. В. ДЕМЬЯНЧУК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одним из важнейших вопросов, связанным с безопасностью движения поездов на железнодорожном транспорте, является обеспечение надежного закрепления подвижного состава для предотвращения его самопроизвольного выхода со станционных путей. В настоящее время закрепление вагонов в сортировочном парке и торможение вагонов на горках малой мощности осуществляется с помощью тормозных башмаков, которые обеспечивают торможение за счет замены трения качения колеса по рельсу трением скольжения полоза башмака и другого неподбашмаченного колеса по рельсам. Анализ современных исследований по креплению железнодорожных составов на станционных путях выявил, что данный вопрос актуален из-за несовершенства существующих нормативных документов.

В течение периода времени с августа 2017 по ноябрь 2019 года на станции Орша Центральная был проведен ряд экспериментов по определению влияния различных факторов на усилия, возникающие при закреплении подвижного состава тормозными башмаками, предназначенными для предотвращения самопроизвольного ухода вагонов. Все рассмотренные в ходе экспериментов составы устанавливались на путях с одинаковыми уклонами. Эксперименты проводились при разных погодных условиях и в разные сезоны года. Были рассмотрены варианты с различными числом вагонов в составах поездов, их осевой нагрузкой, состояниями рельсов при разном числе используемых башмаков.

На основании экспериментальных данных о значениях сил, возникающих при креплении железнодорожных составов с помощью тормозных башмаков на станционных путях, и методики, описанной в [1], для построения многофакторной регрессионной модели был выбран предварительный перечень параметров, потенциально влияющих на способность тормозных башмаков удерживать состав. В их число вошли: время года (T), в течение которого проводилось данное испытание, скорость ветра ($v_{\text{вет}}$, м/с), наличие атмосферных осадков и замасленность рельсов ($O_{\text{с}}$), температура воздуха ($t_{\text{возд}}$), общая масса поезда ($Q_{\text{брутто}}$, т), отношение массы груза к массе поезда ($Q_{\text{нетто}} / Q_{\text{брутто}}$), длина поезда ($m_{\text{усл}}$), количество вагонов в поезде (m), количество тормозных башмаков ($n_{\text{баш}}$), сила сжатия поезда (P, тс). В качестве выходного параметра на начальном этапе статистической обработки принято отношение сжатия поезда к числу тормозных башмаков ($P / n_{\text{баш}}$), использованных для удержания состава на пути.

При построении многофакторной регрессионной модели рассмотрено взаимное влияние входящих в нее факторов. В модели выявлены взаимосвязанные составляющие для исключения искажения результатов моделирования в результате дублирования их влияния на функцию отклика. Были определены факторы, имеющие высокую степень взаимной корреляции между собой. Высокой принято считать корреляцию, характеризующуюся коэффициентом $r > 0{,}75$ [1, 2]. Анализ результатов расчета показал, что в рассматриваемом перечне факторов наибольшую степень корреляции с принятой функцией отклика $P / n_{\text{баш}}$ имеют факторы P, T, $t_{\text{возд}}$, а наименьшее – $v_{\text{вет}}$. Между собой в наибольшей степени коррелированны факторы: количество вагонов поезда и длина поезда (r (m; $m_{\text{усл}}$) = 0,929522), время года и температура воздуха (r (T; $t_{\text{возд}}$) = 0,881978).

В соответствии с описанными выше рекомендациями из числа факторов исключены $m_{\text{усл}}$ и T, так как они обладают меньшим коэффициентом корреляции с функцией отклика $P / n_{\text{баш}}$, чем факторы m и $t_{\text{возд}}$ соответственно.

В дальнейших исследованиях были использованы следующие параметры: P (r = 0,585979), $t_{\text{возд}}$ (r = 0,205268), $O_{\text{с}}$ (r = –0,068329), $Q_{\text{брутто}}$ (r = –0,046866), m (r = –0,027913), $n_{\text{баш}}$ (r = 0,017992), $Q_{\text{нетто}} / Q_{\text{брутто}}$ (r = –0,015978), $v_{\text{вет}}$ (r = –0,013049), для большинства которых коэффициент корреляции по сравнению с зависимой переменной оказался значительно меньше 0,75. При построении многофакторной регрессионной модели сочетание параметров и их влияние друг на друга могут дать улучшение коэффициента корреляции.

Далее были построены однофакторные модели, которые позволили оценить рассматриваемые параметры по степени их влияния на отношение силы сжатия поезда к числу тормозных башмаков. Значимость однофакторных моделей определялась на основании полученных зависимостей и коэффициента множественной корреляции [3], который определялся по формуле

$$R^2 = \frac{SSR}{SST}, \quad (1)$$

где *SSR* – сумма квадратов, соответствующая уравнению регрессии; *SST* – полная сумма квадратов.

Для оценки доли общего разброса, которая объясняется построенной регрессией, используется коэффициент детерминации $\overline{R}^2$, который определялся по формуле

$$\overline{R}^2 = 1 - \frac{n-1}{n-q-1}(1-R^2). \quad (2)$$

Для оценки адекватности регрессионной модели используется *F*-критерий, который определяет отношение дисперсии оценки модели к дисперсии остатка:

$$F = \frac{SSR/q}{SSE/(n-q-1)}, \quad (3)$$

где *SSE* – сумма квадратов остатков, которая равна разности между числом различных опытов и числом констант, найденных по этим опытам независимо друг от друга [3].

Результаты расчета указанных выше параметров при определении удерживающей силы приходящейся на один башмак показали, что полученная степень взаимной корреляции между усредненным отношением силы сжатия поезда к числу башмаков, является недостаточной при учете всех влияющих параметров многофакторной модели. Значения коэффициента детерминации при добавлении влияющих параметров изменяются от R^2= 0,329 до R^2= 0,484, а величина отношения дисперсии оценки модели к дисперсии остатка – от *F* = 166,9872 до *F* = 39,031. В связи с этим сделан вывод о нецелесообразности использования данного показателя в качестве функции отклика при построении многофакторной модели.

Расчеты сдвигающей силы, в соответствии с методикой, описанной в [4], показали, что при разработке норм крепления следует отталкиваться от значения равнодействующей сил тяжести и сил сопротивления движению поезда. Проведен расчетно-статистический анализ экспериментальных результатов по креплению составов различной длины и массы на станционных путях. В результате моделирования размещения составов на разных расстояниях от выходного светофора установлено, что при длине состава, меньшей 40 вагонов, смещение состава на 25–30 метров может приводить к изменению потребной тормозной силы в 2–3 раза. Если состав включает 40 вагонов и более, такие перепады сил отсутствуют, следовательно расчет сдвигающей силы можно вести по среднему уклону.

Таким образом, подтверждено, что максимальные величины сил, способствующих уходу вагонов, которые могут возникнуть на путях размещения составов, определяются главным образом массой удерживаемого поезда и продольным профилем железнодорожного пути, на котором размещен состав поезда. Дальнейший анализ показал, что значение удерживающей силы зависит от веса вагона, под который установлен башмак. При установке башмаков под более тяжелые вагоны их потребное количество может быть уменьшено. Выполненный анализ позволил установить пути возможного совершенствования правил крепления составов поездов тормозными башмаками.

Список литературы

1 **Френкель, С. Я.** Многофакторная модель расхода энергоресурсов в пассажирском движении / С. Я. Френкель, А. П. Дединкин, Р. К. Гизатуллин // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2011. – № 1 (22). – С. 103–106.

2 **Кобзарь, А. И.** Прикладная математическая статистика для инженеров и научных работников / А. И. Кобзарь. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

3 **Стукач, О. В.** Программный комплекс Statistica в решении задач управления качеством : учеб. пособие / О. В. Стукач. – Томск : Томск. политехн. ун-т, 2011. – 163 с.

4 **Shimanovsky, A. O.** Investigation of the longitudinal track profile influence on the forces acting in the train inter-car connections using the MSC.ADAMS software / A. O. Shimanovsky, P. Sakharau // CEUR Workshop Proceedings. – 2019. – Vol. 2353. – P. 555–569.

УДК 614.841:629.45

КОНЦЕПЦИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОВРЕМЕННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

С. Н. ШАТИЛО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Вопросу обеспечения пожарной безопасности железнодорожного подвижного состава уделяется значительное внимание. Особенно это важно для железнодорожного подвижного состава, т. к. в ограниченном замкнутом пространстве современного подвижного состава сконцентрирована большая пожарная нагрузка, а в пассажирском подвижном составе находится большое количество людей. Поэтому уже на стадии проектирования должны быть приняты соответствующие решения, направленные на минимизацию вероятности возгораний и риска для жизни пассажиров и работников железнодорожного транспорта. При этом такие решения должны приниматься с учетом типа и класса подвижного состава по функциональной пожарной опасности на основе систематизированного анализа требований пожарной безопасности. Требования должны быть определены и разработаны для конкретного типа и модели подвижного состава в концепции пожарной безопасности, которая в свою очередь должна быть задокументирована и актуализирована в качестве элемента проектной документации. Концепция пожарной безопасности должна базироваться на системе обеспечения пожарной безопасности любого объекта, в том числе и подвижного состава. В ней должны быть отображены требования пожарной безопасности по основным элементам данной системы: обеспечению противопожарной устойчивости подвижного состава, ограничению распространения пожара, своевременной и безопасной эвакуации при пожаре и своевременному обнаружению, локализации и тушению пожара.

Обеспечение противопожарной устойчивости подвижного состава может быть обеспечено за счет снижения пожарной нагрузки и повышения надежности потенциальных источников зажигания. Снижение пожарной нагрузки обеспечивается применением в качестве несущих и ограждающих конструкций негорючих материалов и ограничением применения горючих материалов для облицовки и отделки пассажирских салонов, служебных помещений подвижного состава и кабин машиниста. В концепции пожарной безопасности в данном разделе должны быть отражены требования к характеристикам применяемых материалов в соответствии с ГОСТ 12.1.044–2018 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения». В нормах проектирования железнодорожного подвижного состава с целью ограничения пожарной нагрузки четко определены требования к показателям пожарной опасности применяемых конструкционных и отделочных материалов с учетом их назначения: для термоизоляции кузова, для перегородок, мебели, для облицовки, для покрытия пола, обивки кресел сидений и диванов и др. Оценка применимости неметаллических материалов для конструкций внутреннего оборудования подвижного состава проводится по соответствующим показателям горючести, воспламеняемости, распространения пламени по поверхности при пожаре, дымообразующей способности и токсичности продуктов горения. При таком подходе проектировщики при выборе соответствующих материалов для конкретных конструкций и элементов подвижного состава должны руководствоваться показателями, которые приводятся в протоколах испытаний и сертификатах соответствия или пожарной безопасности. Особое внимание в концепции пожарной безопасности должно быть уделено требованиям к силовым установкам, электрооборудованию, к электрическим проводам и кабелям в рамках повышения их надежности как потенциальных источников возгорания. Регламентируется температура нагрева поверхности, допустимое превышение такой температуры в зависимости от температуры окружающего воздуха. Особые требования предъявляются для обеспечения взрывозащиты аккумуляторных боксов или отсеков, при этом должна быть обеспечена их вентиляция и установлена предельная объемная концентрация водорода. Электропроводка в подвижном составе должна быть выполнена с применением электрических проводов и кабелей с соответствующими показателями пожарной опасности, которые регламентируются ГОСТ 31565–2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности». Класс пожарной опасности кабельных изделий в данном случае зависит от области применения на подвижном составе, способа прокладки и монтажа. Должны быть выделены три области применения: в системах аварийного освещения, пожарной сигнализации и пожаротушения, средствах оповеще-

ния о пожаре и внутрипоездной связи, где нужно применять электрические провода и кабели класса пожарной опасности не менее П1б.7.1.2.1 или П1б.7.2.2.2, для систем основного освещения и других электрических цепей, проложенных в кабине машиниста и пассажирских салонах, отключаемых в аварийной ситуации, класс пожарной опасности должен быть не менее П1б.8.1.2.1 или П1б.8.2.2.2, а для электрических цепей, проложенных вне кабин машиниста и пассажирских салонов, – О1.8.2.5.4 или П1б.8.2.5.4. В концепции должна быть предусмотрена раздельная прокладка высоковольтных проводов в электрических цепях и низковольтных. Требования к системам отопления, вентиляции и кондиционирования включают необходимость оборудования электрокалориферов и электропечей системой автоматического терморегулирования, требования по прокладке воздуховодов и противопожарных клапанов и автоматическое отключение систем вентиляции, кондиционирование воздуха и воздушного отопления при пожаре.

Для ограничения распространения пожара в концепцию должны быть заложены требования по объемно-планировочным и конструктивным решениям, включающим устройство противопожарных преград в виде огнепреграждающих перегородок, внутрисалонных перегородок, ограждения электрических шкафов с силовым электрооборудованием и переходных площадок между вагонами. Должны быть определены нормативные требования, предъявляемые к противопожарным преградам подвижного состава по соответствующим предельным состояниям: потере несущей способности (R), потере целостности конструкции (E), потере теплоизолирующей способности в следствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных значений (I) и достижению предельной величины плотности теплового потока на нормируемом расстоянии от необогреваемой поверхности конструкции (W). Места сопряжения противопожарных преград с другими ограждающими конструкциями (крыша, боковые стены) должны иметь предел огнестойкости не менее чем у сопрягаемых элементов. При этом конструктивное исполнение таких мест должно исключать возможность распространения пожара в обход этих преград. В конвенции должны быть определены также требования по огнестойкости заполнения дверных проемов (двери должны иметь предел огнестойкости не менее EI15 или EIW15).

Обеспечение своевременной и безопасной эвакуации при пожаре должно осуществляться путем устройства эвакуационных и аварийных выходов. Должна быть предусмотрена возможность использования для эвакуации входных дверей и аварийных выходов в окнах подвижного состава, которые располагаются с учетом требований пожарной безопасности для локомотивов, моторвагонного подвижного состава и пассажирских вагонов для рассредоточения людских потоков при эвакуации. Нормами проектирования регламентируются размеры аварийных выходов в окнах и высота их расположения над уровнем головки рельса. Для обеспечения безопасности при эвакуации локомотивных бригад и пассажиров должны быть предусмотрены средства аварийного спасения (веревочные лестницы и другие средства), а в подвижном составе, предназначенном для перевозки инвалидов, должны быть предусмотрены световые и звуковые маячки. Наружные двери должны быть оборудованы внутренними устройствами аварийного открывания.

Для своевременного обнаружения, локализации и тушения пожаров в подвижном составе должны быть на стадии проектирования приняты соответствующие решения, которые включают оборудование его системами пожарной автоматики (система автоматической пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения), оснащение первичными средствами пожаротушения. Нормами проектирования предусмотрен минимальный перечень зон подвижного состава, подлежащих защите автоматическими системами пожарной сигнализации и пожаротушения. Автоматические системы пожарной сигнализации должны обеспечивать обнаружение пожара по факторам повышения температуры и наличия дыма, а также оповещение о месте возникновения пожара. С учетом норм проектирования подвижного состава в концепции должны быть определены требования к характеристикам и параметрам автоматических систем пожарной сигнализации и пожаротушения. Системы пожаротушения и первичные средства пожаротушения должны обеспечивать ликвидацию пожаров твердых горючих веществ и материалов (класс А), горючих жидкостей и плавящихся веществ и материалов (класс В) и веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением (класс Е). Для устройств пожарной автоматики в концепции должны быть определены требования по надежности, группе механического исполнения с учетом сохранения работоспособности при воздействии механических ударов и вибрации, устойчивости к воздействию электростатических разрядов для степени жесткости 3, климатическому исполнению и степени защиты оболочек IP.

Концепция пожарной безопасности должна быть методической и нормативной основой для принятия соответствующих проектных решений.

3 ИНФОРМАЦИОННАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНИКИ И СВЯЗИ

УДК 625+ 681.518.5

МЕТОД ЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА ОСНОВЕ КВАНТОВАНИЯ СИГНАЛОВ

Р. Б. АБДУЛЛАЕВ
Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

В современное время стационарные системы автоматического контроля, технического диагностирования и мониторинга играют важнейшую роль в обеспечении технологических процессов во многих отраслях жизнедеятельности человечества, в т. ч. и транспорта [1]. К примеру, в отрасли железнодорожного транспорта системы технического диагностирования и мониторинга (СТДМ) используются для контроля технического состояния устройств автоматики, объектов сети электроснабжения, искусственных сооружений и прочей отраслевой инфраструктуры. Подобные устройства позволяют в некоторой степени отражать картину технического состояния объектов диагностирования, прогнозировать их дальнейшее техническое состояние, систематизировать действия обслуживающего персонала по выявлению и предотвращению отказов, аварий и т. д. [2]. Отсюда, очевидно, что системы мониторинга предназначены для повышения безотказности и отказоустойчивости устройств и систем организации движения поездов, в т. ч. в некоторой косвенной степени влияют на безопасность движения поездов, позволяя в ряде случаев фиксировать критические отклонения рабочих параметров объектов диагностирования.

На железных дорогах постсоветских государств, к примеру, в отрасли железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), эксплуатируются ряд СТДМ. Из российских разработок СТДМ ЖАТ получили широкое применение на сети железных дорог такие системы, как «Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля» (АПК-ДК), «Автоматизированная система диспетчерского контроля» (АСДК) и «Автоматизированная система диагностирования и контроля устройств сигнализации, централизации и блокировки» (АДК-СЦБ) [3]. На железной дороге Узбекистана из собственных разработок начата эксплуатация системы «ZarafshON» [4].

Эксплуатация СТДМ дает ряд преимуществ в сфере технической эксплуатации и обслуживания устройств ЖАТ, позволяя автоматизировать ряд измерений их рабочих параметров. Однако зачастую системы мониторинга накапливают большие объемы диагностических данных и в существующей парадигме их анализа и обработки фиксируют до 90–95 % ложных диагностических ситуаций (инцидентов). Совершенствование возможно путем использования логических методов анализа диагностических данных и использования систем поддержки принятия решений на их основе.

Использование систем логической обработки данных и поддержки принятия решений техническим персоналом значительно поспособствовало бы сокращению числа отказов, времени на поиск и устранение причин отказов, продлению срока службы устройств ЖАТ и, в определенной степени, – обучению персонала в выявлении причин отказов и принципов функционирования устройств ЖАТ. Внедрению подобных подсистем в СТДМ ЖАТ препятствует необходимость обработки больших потоков данных, что составляет определенную нагрузку на вычислительные комплексы и приводит к большим затратам времени на обработку.

В целях устранения недостатков существующего способа логического анализа предлагается квантование диапазона диагностических данных по пороговым значениям данных, при котором диагностируемое устройство находится в том или ином состоянии. Тем самым можно сократить длину вектора диагностических данных и, соответственно, уменьшить затраты вычислительных ресурсов на процессы обработки.

Рассмотрим пример квантования диапазона значимых величин напряжения (тока) путевого реле и принцип замены измеренных величин на векторы данных с малой длиной. На рисунке 1 приведе-

ны основные принципы квантования уровней напряжения питания путевого реле по основным пороговым значениям параметров. Для этого условно приведены кривая $U(t)$, $I(t)$ и по вертикальной шкале уровни основных напряжений реле.

В целях сокращения байтов данных при логической обработке предлагается объединять некоторые байты данных, формируемые при каждом шаге квантования и входящих в один и тот же диапазон параметра реле (выделены фигурной скобкой) и далее, представлять этот диапазон байтов данных одним коротким вектором данных. Например, на рисунке 1 условно выделен диапазон рабочего напряжения реле $U_р$, при котором реле надежно притягивает свой якорь, не находится в режиме перегрузки, формирует информацию о свободности рельсовой цепи. При этом все байты данных, формируемые при каждом шаге квантования данного диапазона, будут заменены вектором 101. Таким образом заменяются все полученные от измерительных контроллеров байты диагностических данных на векторы с малой длиной в зависимости от принадлежности тому или иному параметрическому диапазону.

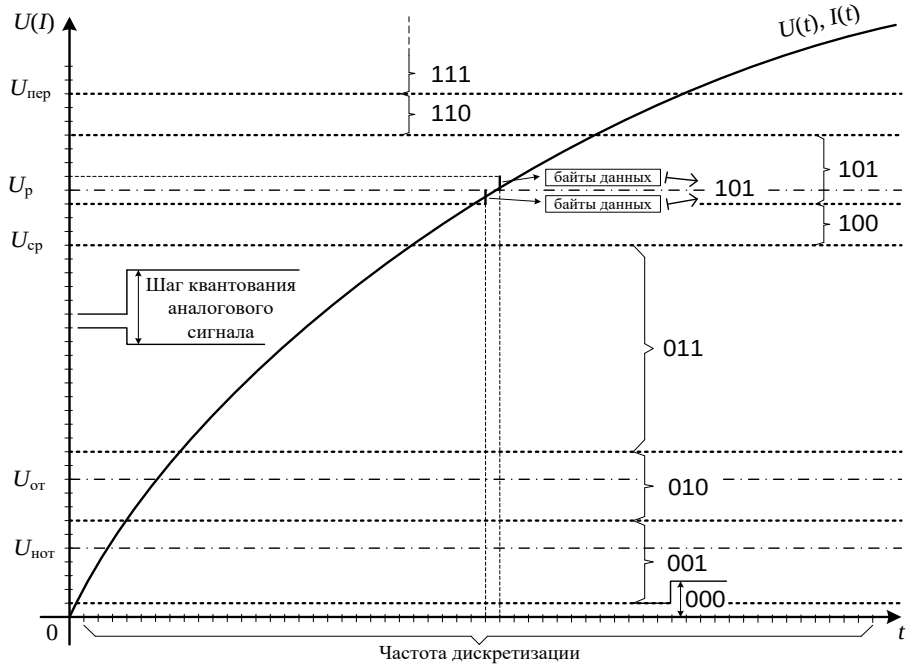


Рисунок 1 – Принципы квантования уровней напряжения (тока) питания путевого реле по наиболее значимым диапазонам напряжений (токов) устройства

Длина формируемого вектора данных может выбираться различной в зависимости от специфики диагностируемого устройства и необходимости отражения полной картины режимов его работы, состояний и т. д. Далее, для защиты от аппаратных и программных сбоев сформированный вектор можно закодировать любым помехоустойчивым кодом, к примеру, полиномиальными кодами [5].

Сокращение массива данных позволит снизить нагрузку на вычислительное устройство при обработке комплекса алгоритмов логического анализа диагностических данных, сократить время на их обработку, использовать малое количество контрольных разрядов при кодировании нового вектора данных, что упростит алгоритм их вычисления. Так как диагностические данные от измерительных контроллеров поступают в центральный модуль несинхронно, то и замена определенных байтов данных на векторы данных малой длины может осуществляться между опросами других измерительных контроллеров, что очевидно, не потребует выделения дополнительного времени.

Список литературы

1 **J. Guo, X. Wang.** Future prospects on the intelligent monitoring technologies for railway signaling systems in China / X. Y. Wang, J. Guo, Zhang and Y. Yang // 6th IET Conference on Railway Condition Monitoring (RCM 2014). – Birmingham, 2014. – Pp. 1–5.

2 **Ефанов, Д. В.** Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с.

3 **Молодцов, В. П.** Системы диспетчерского контроля и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. пособие / В. П. Молодцов, А. А. Иванов. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2010. – 140 с.

4 Проект «ЗАРАФШОН» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://mikroelektronika.plus. – Дата доступа : 21.09.2021.

5 Polynomial Code with Detecting the Symmetric and Asymmetric Errors in the Data Vectors / R. Abdullaev [et al.] // Proceedings of 17th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS`2019), Batumi, Georgia, September 13–16. – 2019. – P. 157–161. – DOI: 10.1109/EWDTS.2019.8884451.

УДК 621.38

ГАРМОНИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПО ИНФОРМАЦИОННОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

К. А. БОЧКОВ, П. М. БУЙ, А. Ю. КУЛАЖЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время актуальным остается вопрос о том, каким образом соотносятся сферы информационной и функциональной безопасности для автоматизированных систем управления ответственными технологическими процессами и, в частности, какова их роль в процессе обеспечения безопасности движения поездов на железнодорожном транспорте.

Общие вопросы требований по информационной безопасности сформулированы в СТБ 34.101.1-2014 (IEC 15408-1:2009) «Информационные технологии и безопасность. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 1. Введение и общая модель» [1]. Предметом защиты в этом направлении является сама информация, а точнее такие ее основные свойства, как конфиденциальность, целостность и доступность. В соответствии с [2], безопасность информации – это состояние защищенности информации, при котором обеспечены ее конфиденциальность, доступность и целостность.

Предметом обеспечения функциональной безопасности является безотказность и безопасность работы автоматизированных систем управления ответственными технологическими процессами железнодорожного транспорта, которая может быть нарушена путем реализации атак как на информацию и ее носители, которые необходимы для штатной работы системы, так и на сам процесс функционирования, приводя систему к опасным отказам. Для систем, критичных к функциональной безопасности, всегда определяются критерии опасных отказов, которые приводят к авариям, угрозе жизням людей, экологическим бедствиям.

Для подавляющего большинства современных объектов информационных технологий актуальными являются исключительно вопросы информационной безопасности, т. к. задачами этих объектов является хранение, обработка и/или предоставление информации. К таким объектам можно отнести персональные компьютеры, мобильные устройства пользователей, Internet of Things (IoT) и т. п.

Концепция информационной безопасности Республики Беларусь указывает на то, что повсеместное функционирование объектов транспорта с автоматизированными системами управления ставит в прямую зависимость жизнь и здоровье населения, экологическую и социальную безопасность от их надежности и защищенности [3]. Но безопасность людей, социальной и экологической сферы не является предметом информационной защиты. Методы и средства, обеспечивающие исключительно информационную безопасность, не в силах решить эти задачи. Особенно это актуально для автоматизированных систем управления ответственными технологическими процессами (АСУ ОТП), которые широко применяются на железнодорожном транспорте. Основную роль в обеспечении безопасности движения поездов выполняют системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ). Такие системы в своем составе используют информационную инфраструктуру и на них должны выполнятся мероприятия по обеспечению информационной безопасности. Но в таких системах не информация должна являться главным объектом защиты, а в случае железнодорожного транспорта, это, в первую очередь, обеспечение безопасности движения поездов. Атака на инфокоммуникационные системы и/или на информацию при обнаружении будет заблокиро-

вана, но если она не будет обнаружена (например, действия нарушителя будут признаны законными) или будет направлена исключительно на технологический процесс в обход информационной инфраструктуры (например, электромагнитный терроризм), то могут пострадать люди или может быть нанесен вред окружающей среде. Это будет нарушением критериев опасного отказа. В таком случае преобладающими становятся вопросы функциональной безопасности.

Функциональная безопасность – свойство объекта железнодорожного транспорта, связанного с безопасностью, выполнять требуемые функции безопасности при всех предусмотренных условиях в течение заданного периода времени [4].

Для автоматизированных систем управления ответственными технологическими процессами железнодорожного транспорта, как, впрочем, и для многих подобных систем других отраслей необходимо обеспечивать как информационную, так и функциональную безопасность. Зачастую, классические методы, обеспечивающие функциональную безопасность и современные методы, обеспечивающие информационную безопасность, частично перекрывают зоны своей ответственности, которая, касается, например, обеспечения доступности и целостности информации и реализуется организационными мероприятиями. Известный специалист в области функциональной безопасности профессор Скляр В. В. для того, чтобы избежать дублирования требований для объектов защиты, рекомендует гармонизировать требования по информационной и функциональной безопасности, сформировать общий жизненный цикл, а также увязать процессы управления безопасностью и условия безопасности объекта защиты. Также, по аналогии с функциональной безопасностью, для которой определены уровни полноты безопасности (SIL), определяются пять (от 0 до 4) уровней информационной безопасности (SL) [5]. При такой гармонизации требований процессы обеспечения информационной и функциональной безопасности будут происходить параллельно. Причем, исходя из назначения и характеристик объекта защиты в общем жизненном цикле обеспечения информационной и функциональной безопасности определяется приоритет.

Примером гармонизации требований по функциональной и информационной безопасности на общем жизненном цикле является стандарт ОАО РЖД 02.049-2014 [6], устанавливающий требования к функциональной и информационной безопасности программного обеспечения АСУТП и техническими средствами железнодорожного транспорта. Вместе с тем он в основном базируется на нормативных документах Российской Федерации и не полностью учитывает принятые Евразийской экономической комиссией (ЕЭК) технические регламенты таможенного союза по железнодорожному транспорту ТР ТС 001–003. Кроме того, оценка соответствия требованиям функциональной и информационной безопасности программного обеспечения АСУТП в отрыве от безотказности аппаратных средств не позволяет определить достигнутый уровень полноты безотказности всего АПК систем железнодорожной автоматики и телемеханики.

Совокупность угроз информационной и функциональной безопасности потенциально реализуются через кибератаки. Кибератака в соответствии с [3] – целенаправленное воздействие программных и (или) программно-аппаратных средств на объекты информационной инфраструктуры, сети электросвязи, используемые для организации взаимодействия таких объектов, в целях нарушения и (или) прекращения их функционирования и (или) создания угрозы безопасности обрабатываемой такими объектами информации. В контексте термина «кибератака» обеспечение информационной и функциональной безопасности можно обозначить термином «кибербезопасность». При таком подходе можно говорить о двухмерной модели кибербезопасности, включающей как информационную, так и функциональную составляющую (рисунок 1).

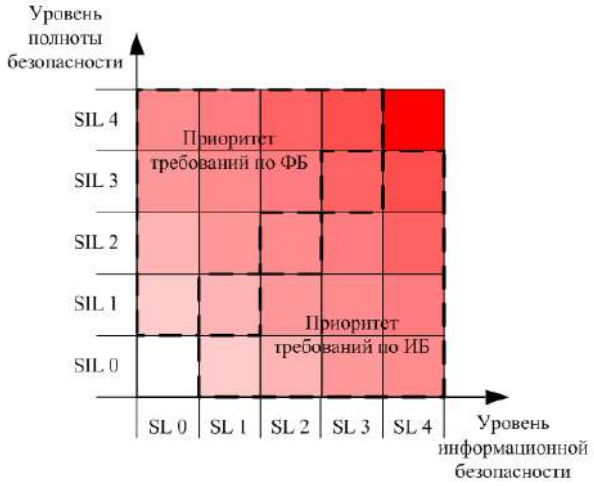


Рисунок 1 – Двухмерная модель кибербезопасности АСУ ОТП железнодорожного транспорта

Чем выше уровень SIL, тем меньше допускается угроз функциональной безопасности. Аналогичным образом необходимо привязать уровни информационной безопасности к допустимому уровню соответствующих угроз. Источником

классификации уровней информационной безопасности может послужить классификация типовых информационных систем и перечень требований к системе защиты информации, представленные в приказе ОАЦ от 20 февраля 2020 г. № 66 «О мерах по реализации Указа Президента Республики Беларусь от 9 декабря 2019 г. № 449» [6]. При необходимости обеспечить требуемые уровни SIL и SL требуется реализовать такие условия функционирования и использовать средства защиты информации, при которых уровень угроз кибербезопасности будет находиться в безопасной зоне как по информационной, так и по функциональной безопасности, учитывая приоритеты их обеспечения для конкретного объекта защиты.

Исходя из этой двухмерной модели, обеспечение кибербезопасности заключается в соотношении угроз в сферах информационной и функциональной безопасности. При этом, для систем обеспечения безопасности движения поездов, к которым относятся современные микроэлектронные СЖАТ на основе аппаратно-программных комплексов (АПК), преобладающим является обеспечение функциональной безопасности.

Список литературы

1 СТБ 34.101.1-2014. Информационные технологии и безопасность. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Ч. 1: Введение и общая модель. – Взамен СТБ 34.101.1-2004 ; введ. 2014–09–01. – Минск : БелГИСС, 2014. – 60 с.

2 СТБ ISO/IEC 27001-2016. Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования. – Минск : БелГИСС, 2016. – 28 с.

3 О Концепции информационной безопасности Республики Беларусь : Постановление Совета безопасности Республики Беларусь, 18 марта 2019 г., № 1 // ЭТАЛОН Законодательство Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

4 ГОСТ 33432-2015. Безопасность функциональная. Политика, программа обеспечения безопасности. Доказательство безопасности объектов железнодорожного транспорта. – Минск : БелГИСС, 2015. – 26 с.

5 **Скляр, В. В.** Обеспечение безопасности АСУТП в соответствии с современными стандартами : метод. пособие / В. В. Скляр. – М. : Инфра-Инженерия, 2018. – 384 с.

6 СТО РЖД 02.049-2014. Автоматизированные системы управления технологическими процессами и техническими средствами железнодорожного транспорта.

7 О мерах по реализации Указа Президента Республики Беларусь от 9 декабря 2019 г. № 449 : Приказ Оперативно-аналитического центра при Президенте Республики Беларусь от 20.02.2020 № 66 // Эталон Online [Электронный ресурс] / Национальный Центр правовой информации Республики Беларусь. – Минск, 2020.

УДК 007.51: 621.317.1

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ И УЧЕТА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В ДИСТАНЦИИ СИГНАЛИЗАЦИИ И СВЯЗИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

А. В. ВЕСЕЛОВ
Полоцкая дистанция сигнализации и связи Белорусской железной дороги

В. Г. ШЕВЧУК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Устройства технологической связи Белорусской железной дороги относятся к потребителям особой группы электроприемников I категории электроснабжения. В качестве третьего независимого источника питания особой группы применяются источники вторичного электроснабжения 24, 48 и 60 В с аккумуляторными батареями (АКБ) различных типов. Поддержание АКБ в технически исправном состоянии, своевременное выявление батарей, параметры которых не соответствуют техническим требованиям, и их замена, составление перспективных планов замены АКБ на основе динамики изменения технических характеристик являются основными задачами обслуживающего персонала участков связи в дистанциях сигнализации и связи.

Разработано устройство автоматическое разрядное (УАР), предназначенное для автоматизированного контроля емкости аккумуляторных батарей (АКБ) с выводом результатов тестирования на дисплей и формированием файлов отчета результатов тестирования на карте памяти.

УАР конструктивно представляет собой устройство, состоящее из пяти автономных разрядных модулей МРА1, МРА5, модуля индикации и управления МИУ и субмодуля питания. Все модули представляют собой устройства на базе однокристальных микроконтроллеров семейства Atmega, работающие под управлением программ, зашитых в энергонезависимой памяти микроконтроллеров. Модуль МИУ взаимодействует с модулями МРА по шине I2C, по которой от МИУ к модулям МРА передаются команды режимов разряда АКБ, управления и настройки.

От модулей МРА в МИУ по шине передается информация о текущем состоянии параметров, тестируемых АКБ, результаты самотестирования модулей, служебная информация.

К УАР подключается внешний датчик температуры для возможности корректировки номинальной емкости в зависимости от температуры в помещении, в котором производится контроль емкости АКБ.

Управление работой модуля МИУ осуществляется при помощи клавиатуры на лицевой панели УАР. Вся информация о работе УАР отображается на жидкокристаллическом дисплее.

В режиме тестирования емкости АКБ модуль МИУ на карте памяти формирует пять независимых файлов с именем, задаваемым вручную с клавиатуры и расширением «ak1» – «ak5».

В процессе тестирования АКБ ежеминутно происходит сохранение в соответствующие файлы значений текущего разрядного тока, текущего напряжения на АКБ, достигнутой емкости разряда и времени тестирования. При отсутствии карты памяти или в случае ее выхода из строя в процессе тестирования АКБ окончательные результаты тестирования сохраняются до начала следующего теста в энергонезависимой памяти модуля МИУ с возможностью их просмотра. Модуль МРА после получения от МИУ команды на начало теста производит конфигурирование параметров тестирования АКБ (ток разряда, напряжение окончания разряда), осуществляет подключение нагрузки к тестируемому АКБ и установку тока разряда. Перед подключением нагрузки производится проверка правильности подключения полярности АКБ, соответствие подключенной АКБ параметрам тестирования (по напряжению), исправная работа вентилятора охлаждения активной нагрузки. В дальнейшем при тестировании АКБ модуль МРА с интервалом в 10 с производит измерение тока разряда и текущего напряжения. В случае отклонения тока разряда от номинала производится автоматическая его корректировка. Ежеминутно данные о текущем токе разряда, напряжении на АКБ, текущей емкости и времени контроля передаются в МИУ. При достижении напряжения на АКБ установленного значения разряд автоматически прекращается. Работа каждого модуля МРА контролируется по светодиодным индикаторам на лицевой панели УАР.

Модуль МРА производит аварийное отключение АКБ в следующих случаях: превышение разрядного тока значения 15 А; обрыв внешней цепи, подключенной к АКБ; неисправность цепей измерения тока или напряжения; остановки или снижения оборотов вентилятора охлаждения менее 60 % от номинального значения.

Для повышения точности измерений при расчете остаточного напряжения учитывается сопротивление внешних проводов, которыми аккумулятор подключается к модулю МРА.

На рисунке 1 приведен пример скриншота результатов автоматизированного тестирования АКБ, а на рисунке 2 – протокола учета контрольного разряда АКБ.

Рисунок 1 – Скриншот результатов автоматизированного тестирования АКБ

Рисунок 2 – Скриншот протокола учета контрольного разряда АКБ

Проведенная работа позволила сформулировать следующие выводы:

– использование современных АКБ малообслуживаемого и необслуживаемого типов требует безусловного использования вторичных источников электроснабжения со встроенными средствами автоматизированного контроля параметров АКБ и возможностью их удаленного мониторинга;

– аккумуляторные батареи необходимо формировать на основе идентичности технических характеристик каждого элемента батареи, в первую очередь,– фактической емкости и внутреннего сопротивления;

– прогнозирование срока службы АКБ с целью оптимизации затрат на их своевременную замену невозможно без создания баз данных, с функцией формирования отчетов динамики изменения тех-нических характеристик;

– внедрение систем автоматизированного контроля параметров АКБ с формированием баз данных технических характеристик позволяет повысить надежность работы систем электропитания технологической связи и снизить затраты на их эксплуатацию.

Данный комплекс используется в настоящее время при обслуживании устройств электропитания в Полоцкой дистанции сигнализации и связи Белорусской железной дороги.

УДК 004.052.32+681.518.5

САМОДВОЙСТВЕННАЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВАЯ СТРУКТУРА ДЛЯ КОМБИНАЦИОННЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Д. В. ЕФАНОВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Развитие компьютерных и информационных технологий во второй половине прошлого – в первой четверти нынешнего столетий позволяет инженерам в различных отраслях техники, в том числе, в транспортной, реализовывать миниатюрные системы управления на микроэлектронной и микропроцессорной основах. Такие системы подвержены различного рода деструктивным воздействиям, вызывающим устойчивые отказы и сбои. Поэтому в критических приложениях системы управления реализуются, следуя принципам контролепригодности, самопроверяемости и отказоустойчивости [1–3], что позволяет своевременно обнаруживать проявления неисправностей и парировать их.

В данной работе описывается новая отказоустойчивая структура, которую можно использовать при синтезе цифровых вычислительных устройств с контролем комбинационных составляющих (рисунок 1). Данная структура основана на использовании принципа логического дополнения, разработанного под руководством наших соотечественников, профессоров В. В. и Вл. В. Сапожниковых [4], совместно с контролем самодвойственности формируемых функций. Это требует представления рабочих и контрольных сигналов в виде последовательностей импульсов: 0 – 0101...01 и 0 – 1010...10 [5]. Сама структура работает в импульсном режиме.

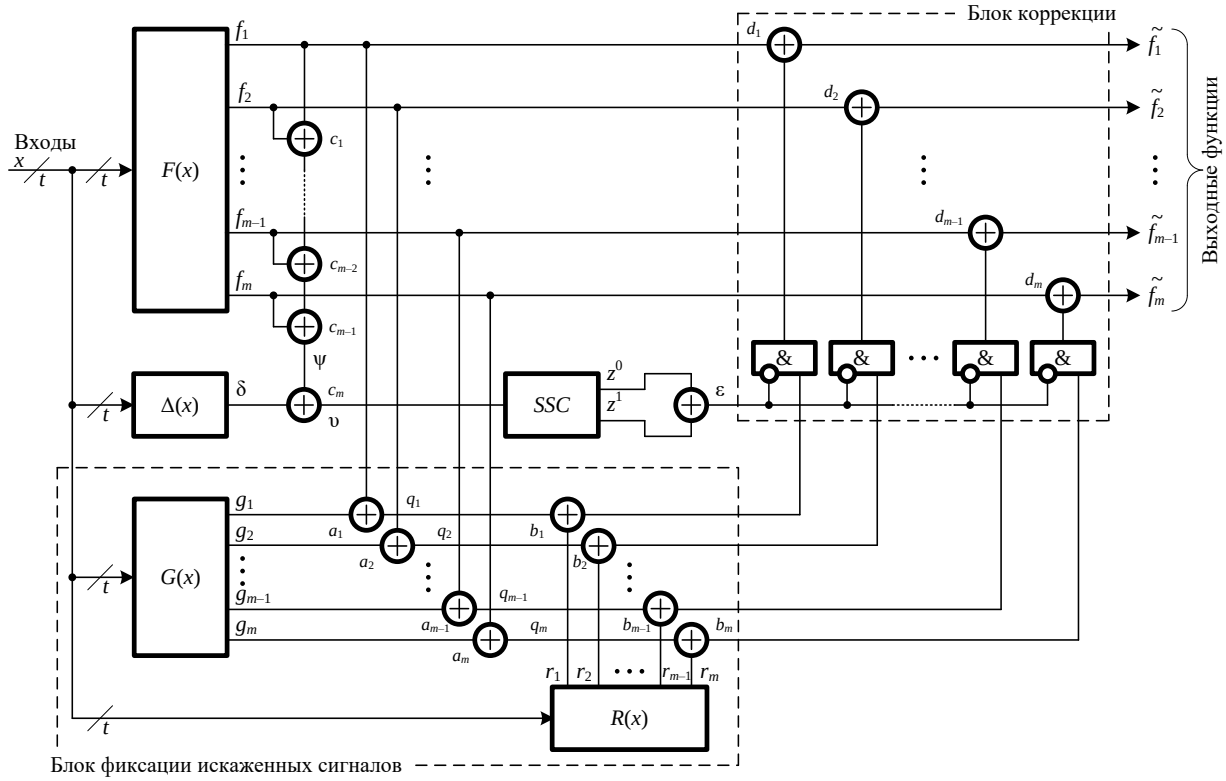


Рисунок 1 – Самодвойственная отказоустойчивая структура

В структуре исходным устройством (объектом диагностирования) является комбинационная схема $F(x)$, формирующая значения рабочих функций f_1, f_2, ..., f_{m-1}, f_m на каждой входной комбинации. Неисправности в схеме $F(x)$ могут приводить к возникновениям ошибок в вычислениях рабочих функций, что должно парироваться. С этой целью устройство $F(x)$ дополняется тремя функциональными блоками: схемой встроенного контроля (СВК), блоком фиксации искаженных сигналов (ФИС) и блоком коррекции сигналов. СВК позволяет фиксировать факт присутствия ошибки на выходах объекта диагностирования. В предлагаемой структуре контроль вычислений производится по методу самодвойственного паритета, описанному в [6]. Для этого использованы следующие схемотехнические приемы. Выходы устройства $F(x)$ сжимаются с помощью элементов сложения по модулю $M = 2$ (элементов *XOR*): $\psi = f_1 \oplus f_2 \oplus ... \oplus f_{m-1} \oplus f_m$. Другими словами, вычисляется функция паритета значений рабочих выходов. Значение функции ψ подается на первый вход двухвходового элемента *XOR*. На второй его вход подается значение специальной функции самодвойственного дополнения δ, вычисляемой блоком $\Delta(x)$. Значение функции δ подбирается на этапе проектирования СВК таким образом, чтобы функция $\upsilon = \psi \oplus \delta$ являлась самодвойственной. Способы получения самодвойственных функций описаны в [5] и их существует большое множество. Для контроля самодвойственности функции υ установлен самопроверяемый самодвойственный тестер (SSC – self-checking self-dual checker), имеющий простую структуру. Он снабжен двумя контрольными выходами z^0 и z^1, на которых формируется парафазный сигнал 01, либо 10 в случае, если на входах тестера присутствует самодвойственный сигнал. Нарушение самодвойственности функции υ вследствие искажений в вычислениях приводит и к нарушению парафазности на выходах. Выходы тестера подключены ко входам элемента *XOR*, вычисляющего функцию ошибки $\varepsilon = z^0 \oplus z^1$. Если ошибки в вычислениях нет, то $\varepsilon = 1$, иначе – 0. Именно поэтому сигнал ε, подаваемый на входы блока коррекции сигналов, инвертируется – коррекция выполняется только в том случае, если ошибка в вычислениях на выходах объекта диагностирования присутствует. Для коррекции ошибок требуется также использование блока ФИС. Он реализуется по методу логического дополнения и содержит блок логического дополнения $G(x)$, блок вычисления функций коррекции $R(x)$ и два каскада элементов сравнения. На выходах блока $G(x)$ вычисляются специальные функции дополнения

$g_1, g_2, \ldots, g_{m-1}, g_m$. Последние сравниваются с одноименными функциями выходов блока $F(x)$ при помощи элементов *XOR* $a_1, a_2, \ldots, a_{m-1}, a_m$, на выходах которых вычисляются функции сравнения $q_1, q_2, \ldots, q_{m-1}, q_m$. Блок ФИС включает в себя также блок коррекции функций сравнения $R(x)$, вычисляющий функции $r_1, r_2, \ldots, r_{m-1}, r_m$, которые выбираются с таким расчетом, чтобы на выходе блока ФИС в исправной структуре были реализованы функции $e_i = f_i \oplus g_i \oplus r_i, \ i = \overline{1,m}$. Если в результате неисправности в блоке $F(x)$ искажается значение функции f_i, то, $e_i = 1$ и активизируются вход и выход соответствующего элемента логического умножения (при этом на выходе схемы паритета сигнал $z = 1$). Осуществляется исправление неправильного значения функции f_i. При синтезе блока ФИС необходимо определить функции $g_1, g_2, \ldots, g_{m-1}, g_m$ и $r_1, r_2, \ldots, r_{m-1}, r_m$. Из выражения $e_i = f_i \oplus g_i \oplus r_i, \ i = \overline{1,m}$, следует, что $g_i = f_i \oplus r_i$. Каждая функция r_i может быть выбрана произвольным образом независимо от того, какими являются функции f_i и g_i. От выбранного варианта функции r_i зависит сложность реализации функции g_i, при этом никакой зависимости между функциями g_i и r_i с различными индексами i не существует [7, 8]. Для коррекции неверных значений использован блок коррекции сигналов, включающий в себя каскад элементов *AND* для фиксации ошибки, а также элементы коррекции $d_1, d_2, \ldots, d_{m-1}, d_m$, исправляющие только те значения функций, на которых присутствует ошибка.

Представленная структура является развитием одной из известных структур (см. рисунок 3 в [7]). В отличие от нее блок $\Delta(x)$ в СВК формирует не функцию паритета для сравнения сигнала с выхода свертки по модулю два $\psi = f_1 \oplus f_2 \oplus \ldots \oplus f_{m-1} \oplus f_m$, а функцию преобразования сигнала ψ в самодвойственный сигнал υ. Как показано в [6], такое обустройство СВК позволяет существенно повышать процент фиксируемых искажений на выходах блока $F(x)$, а также выбирать наиболее простую реализацию блока $\Delta(x)$. В [7, 8] показано, что "прообраз" предложенной в настоящей работе структуры может быть не только менее избыточным, чем при использовании структуры, реализуемой на основе тройной модульной избыточности, но и менее избыточным, чем структуры, реализуемые на основе двойной модульной избыточности. При этом в эксперименте получены высокие показатели достоверности коррекции ошибок на выходах объекта диагностирования $p_c > 0{,}95$. Учитывая возможности по выбору структуры блока $\Delta(x)$ и обнаруживающие способности метода самодвойственного паритета, можно еще более уменьшать структурную избыточность СВК и самого отказоустойчивого устройства, а также повшать показатель достоверности коррекции ошибок.

Описанная структура дополняет рассмотренные в [9, 10] самодвойственные отказоустойчивые структуры, основанные на использовании принципов контроля по паритету и самодвойственного дублирования, и может сравниваться с ними в дальнейших исследованиях.

Применение самодвойственных структур при синтезе отказоустойчивых вычислительных устройств может найти практический выход при решении задачи построения блоков и узлов систем критического применения.

Список литературы

1 **Согомонян, Е. С.** Самопроверяемые устройства и отказоустойчивые системы / Е. С. Согомонян, Е. В. Слабаков. – М. : Радио и связь, 1989. – 208 с.

2 Checkability of the Digital Components in Safety-Critical Systems: Problems and Solutions / A. Drozd [et al.] // Proceedings of 9th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2011), Sevastopol, Ukraine, 2011. – P. 411–416, doi: 10.1109/EWDTS.2011.6116606.

3 **Сапожников, Вл. В.** Синтез систем управления движением поездов на железнодорожных станциях с исключением опасных отказов / Вл. В. Сапожников. – М. : Наука, 2021. – 229 с.

4 Организация функционального контроля комбинационных схем методом логического дополнения / Вл. В. Сапожников [и др.] // Электронное моделирование. – 2002. – Т. 24, № 6. – С. 52–66.

5 **Сапожников, В. В.** Самодвойственные дискретные устройства / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, М. Гессель – СПб. : Энергоатомиздат (Санкт-Петербургское отделение), 2001. – 331 с.

6 Self-Dual Parity Checking – a New Method for on Line Testing / Vl. V. Saposhnikov [et al.] // Proceedings of 14th IEEE VLSI Test Symposium, USA. – Princeton. – 1996. – P. 162–168.

7 **Сапожников, В. В.** Схема коррекции сигналов для комбинационных устройств автоматики на основе логического дополнения с контролем вычислений по паритету / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Д. В. Ефанов // Информатика. – 2020. – Т. 17, № 2. – С. 71–85. – DOI: 10.37661/1816-0301-2020-17-2-71-85.

8 **Ефанов, Д. В.** Отказоустойчивые структуры цифровых устройств на основе логического дополнения / Д. В. Ефанов, В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика и телемеханика. – 2021. – № 8. – С. 140–158. – DOI: 10.31857/S0005231021080079.

9 Fault-Tolerant Self-Dual Circuits with Error Detection by Parity- and Group Parity Prediction / V. Ocheretnij [et al.] // 4th IEEE International On-Line Testing Workshop, July 6–8, 1998, Capri, Italy.

10 **Saposhnikov, Vl. V.** Design of Fault-Tolerant Circuits by Self-Dual Duplication / Vl. V. Saposhnikov // Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems : 2nd International Workshop, September 2–4, 1998, Szczyrk, Poland.

УДК 656.25

ПРИМЕНЕНИЕ УСЛОВИЙ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ИМПУЛЬСОВ ПРИ КОМПЛЕКСИРОВАНИИ ИСПЫТАНИЙ НА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ

Д. В. КОМНАТНЫЙ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

В научно-технической периодике по проблеме электромагнитной совместимости радиоэлектронной и электронно-вычислительной техники поставлена задача сопоставления испытаний указанной техники на устойчивость к электромагнитным помехам различной природы. Для сокращения числа испытаний и затрат времени на них предлагается разрабатывать такие процедуры испытаний, при которых по результатам испытаний на устойчивость к определенному виду импульсных электромагнитных помех можно было бы косвенно судить об устойчивости того же технического средства (ТС) к другим видам помех.

Особенную актуальность эта задача приобрела с появлением новых видов электромагнитных помех. В современных условиях существует угроза применения электромагнитных импульсов преднамеренного воздействия (ЭИПВ), которые отличаются высокой амплитудой, сверхширокой полосой частот и, следовательно, высокой проникающей способностью. Угроза усиливается, так как разработаны конструкции компактных генераторов, доступных экстремистским группировкам. Степень устойчивости электронной и микропроцессорной техники к этому виду помех определяется путем лабораторных испытаний. Это требует наличия испытательных генераторов, которые являются уникальными установками. Поэтому для массовых испытаний оборудования систем обеспечения безопасности движения поездов косвенные оценки устойчивости этого оборудования к ЭИПВ становятся особенно актуальными. Техническая возможность косвенных оценок обеспечивается наличием генераторов-имитаторов помех, обладающих широкой полосой спектра, в частности генераторов электростатического разряда. Методическая возможность – методикой и математическим аппаратом для сравнения импульсов помех различной формы.

В лаборатории «Безопасность и ЭМС» НИИЖТА при БелГУТе разработаны два способа вывода условий эквивалентности импульсов: спектрально-энергетический и интегральный.

В интегральном способе условием эквивалентности является равенство энергии и вольт-секундной площади импульсов. Таким образом, сравниваются параметры, от которых зависят последствия воздействия импульса на рецептор помех – микроэлектронный узел. Энергия импульса помехи определяет возможность отказа или сбоя узла. Вольт-секундная площадь – возможность того, что импульс будет принят за информационный. Помехи к рецептору проникают по цепям передачи информации и цепям питания, таким образом, являются кондуктивными. Как правило, кондуктивные помехи возникают при переходных процессах. Поэтому их форма описывается импульсом включения, экспоненциальным, биэкспоненциальным импульсами, а также импульсом в виде затухающей синусоиды. Выражения для энергии и вольт-секундной площади таких импульсов легко получить по известным теоремам спектрального анализа. Так, для экспоненциального импульса

$$W = \frac{A^2}{2\beta}, \quad Q = \frac{A}{\beta}, \tag{1}$$

для биэкспоненциального импульса

$$W = A^2\left[\frac{1}{2\gamma\beta_2} - \frac{2}{\beta_2(\gamma+1)} + \frac{1}{2\beta_2}\right], \quad Q = A\frac{\beta_2(\gamma-1)}{\gamma\beta_2^2}, \tag{2}$$

где W – энергия импульса, Дж; A – амплитуда импульса, В; β, β_2 – временной параметр импульса, $с^{-1}$; Q – вольт-секундная площадь импульса, В·с; γ – отношение временных параметров экспонент биэкспоненциального импульса.

Подавляющее большинство сверхширокополосных импульсных помех, в том числе ЭИПВ, являются некондуктивными. Поэтому они проникают в цифровые узлы аппаратуры автоматики не напрямую, а через паразитные антенны – неоднородности в корпусах рецептора. Представляется, что эквивалентные некондуктивные импульсы должны обладать одинаковой энергией и иметь одинаковую активную полосу частот. От уровня энергии зависят последствия воздействия помех на элементную базу. Следовательно, в паразитную антенну от разных импульсов должна поступать одинаковая энергия, которая затем передается в рецепторы при пренебрежимо малых потерях. Активная полоса частот определяет проникающую способность импульсов. Поэтому целесообразно использовать спектрально-энергетический способ вывода условий эквивалентности импульсов, в котором условием эквивалентности является равенство энергий импульсов и равенство их активных полос частот.

ЭИПВ обладают весьма разнообразными формами. В научной литературе рассматриваются ЭИПВ в виде гауссова импульса, биэкспоненциального импульса, усовершенствованного биэкспоненциального импульса, полиэкспоненциального импульса, колоколообразного импульса и др.

Энергия наиболее распространенных сверхширокополосных импульсных помех вычисляется по формулам:

– биэкспоненциальный импульс – по (2);

– триэкспоненциальный импульс вида $u(t) = A\left(1 - e^{-\beta_1 t}\right)^2 e^{-\beta_2 t}$ –

$$W = A^2\left(\frac{1}{2\beta_2} + \frac{6}{2(\beta_1 + \beta_2)} - \frac{7}{2(2\beta_1 + \beta_2)} - \frac{4}{3\beta_1 + 2\beta_2}\right); \quad (3)$$

– гауссов $W = A^2\tau\sqrt{\frac{\pi}{2}}$, (4)

где u – мгновенное значение напряжения импульса, В; t – время, с; β_1, τ – временные параметры импульсов, $с^{-1}$.

Расчет активной полосы частот по основному уравнению или методом моментов наталкивается на значительные математические трудности. Из рассмотренных выше импульсов основное уравнение имеет наиболее простой вид для гауссова импульса. Но оно содержит неэлементарную функцию – интеграл Лапласа, таким образом, записывается в виде

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\Phi\left(\frac{\omega\tau}{2}\right) = 0{,}95, \quad (5)$$

где Φ – интеграл Лапласа; ω – круговая частота, рад/с.

Решение уравнения (5) возможно с помощью различных оценок, что дает значение активной полосы частот $\omega = \frac{3{,}5}{\tau}$.

Для биэкспоненциального и триэкспоненциального импульса основное уравнение и метод моментов приводят к еще более сложным трансцендентным уравнениям. Поэтому для вычисления активной полосы частот применяется графический метод, основанный на построении интегральной кривой распределения энергии в спектре $\gamma(f)$, по выражению

$$\gamma(f) = \frac{\frac{1}{\pi}\int_0^{\Delta 2\pi f} F^2(2\pi f)\, d\, 2\pi f}{W}, \quad (6)$$

где f – циклическая частота, Гц; $\Delta 2\pi f$ – частота – предел интегрирования, рад/с; F – модуль спектральной функции импульса, В·с.

По графику кривой находится значение активной полосы частот импульса, соответствующее значению $\gamma(f) = 0{,}95$. Активная полоса частот выражается через параметры импульса.

Для расчета интегральной кривой требуются выражения для модуля спектральной функции. Эти выражения имеют следующий вид:

– для биэкспоненциального импульса

$$F(\omega)=\frac{A\beta_2(1-\gamma)}{\sqrt{\left(\gamma\beta_2^2-\omega^2\right)^2+\omega^2\beta_2^2(1+\gamma)^2}}; \tag{7}$$

– для триэкспоненциального импульса

$$F(\omega)=A\left[\frac{4\beta_1^2+6\beta_1\beta_2+3\omega^2}{\left(\beta_2^2+\omega^2\right)\left[\left(2\beta_1+\beta_2\right)^2+\omega^2\right]}-\frac{4\beta_1\beta_2}{\left(\beta_2^2+\omega^2\right)\left[\left(\beta_1+\beta_2\right)^2+\omega^2\right]}-\frac{\left(\beta_1+\beta_2\right)\left(5\beta_1+3\beta_2+3\omega^2\right)}{\left[\left(\beta_1+\beta_2\right)^2+\omega^2\right]\left[\left(2\beta_1+\beta_2\right)^2+\omega^2\right]}\right]. \tag{8}$$

Видно, что в этих случаях в выражении для интегральной кривой (6) возникают интегралы, которые затруднительно выразить в аналитической форме. Поэтому построение интегральной кривой возможно только численно для импульса с конкретными значениями параметров.

В некоторых случаях ЭИПВ может иметь форму косинус-кубического импульса. Такой импульс, расположенный симметрично оси ординат, описывается функцией

$$u(t)=\begin{cases}A\cos^3\dfrac{\pi t}{\tau} & -\dfrac{\tau}{2}\le t\le\dfrac{\tau}{2}\\ 0 & |t|>\dfrac{\tau}{2}\end{cases}. \tag{9}$$

Для этого импульса известно замкнутое выражение для интегральной кривой распределения энергии в спектре

$$\gamma(f)=\frac{1}{10\pi}\left\{\frac{[41\pi^2-20(\pi f\tau)^2]\pi f\tau}{\left[\dfrac{\pi^2}{4}-(\pi f\tau)^2\right]\left[\dfrac{9}{4}\pi^2-(\pi f\tau)^2\right]}\cdot\cos^2\pi f\tau+\right.$$

$$+9[\mathrm{Si}(\pi+2\pi f\tau)-\mathrm{Si}(\pi-2\pi f\tau)]+\mathrm{Si}(3\pi+2\pi f\tau)-$$

$$-\mathrm{Si}(3\pi-2\pi f\tau)=\frac{9}{2\pi}\left[\ln\left|\frac{\pi+2\pi f\tau}{\pi-2\pi f\tau}\right|-\mathrm{Ci}(\pi+2\pi f\tau)+\right.$$

$$\left.\left.+\mathrm{Ci}(\pi-2\pi f\tau)\right]+\frac{11}{6\pi}\left[\ln\left|\frac{3\pi+2\pi f\tau}{3\pi-2\pi f\tau}\right|-\mathrm{Ci}(3\pi+2\pi f\tau)+\mathrm{Ci}(3\pi-2\pi f\tau)\right]\right\}. \tag{10}$$

Как видно, оно содержит неэлементарные функции интегральный синус Si и интегральный косинус Ci. Поэтому использование приведенного выражения также потребует компьютерного расчета при построении графика кривой.

Следовательно, расчеты по спектрально-энергетическому способу вывода условий эквивалентности импульсов отличаются значительной трудоемкостью даже при использовании компьютерных программ.

Можно сделать вывод, что для сравнения импульсов кондуктивных помех, воздействующих на микроэлектронные узлы рецептора, по физическому содержанию подходит интегральный способ вывода условий эквивалентности. Сравнение импульсов, воздействующих на паразитные антенны, требует применения спектрально-энергетического способа, так как его физическое содержание отвечает передаче помехи через паразитную антенну. При этом приходится мириться со значительными трудозатратами на расчет.

Таким образом, существующие способы вывода условий эквивалентности импульсов позволяют решить задачи разработки процедур комплексных испытаний на помехоустойчивость и помехозащищенность и косвенных оценок помехоустойчивости электронных и микропроцессорных технических средств систем управления движением поездов.

УДК 656.212.5

РАСЧЕТ ДВИЖЕНИЯ ОТЦЕПА ПО ТОРМОЗНОЙ ПОЗИЦИИ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ МЕТОДОМ ПРИПАСОВЫВАНИЯ

Д. В. КОМНАТНЫЙ
Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Регулирование скорости скатывания отцепов на сортировочной горке является одной из основных функций систем горочной автоматики. От ее успешного выполнения зависит бесперебойность и безаварийность технологического процесса сортировочной станции. Для осуществления регулирования необходимы методы анализа движения вагона на тормозных позициях, позволяющие определять скорость отцепа при выходе из тормозной позиции. Также расчету подлежит сила, с которой вагонный замедлитель воздействует на колесные пары и которая обеспечивает требуемую скорость отцепа.

Вопросам динамики отцепа на сортировочной горке посвящена обширная литература. Значительный цикл работ выполнен Х. Т. Турановым и его сотрудниками. Но в этих работах, тем не менее, не предложены соотношения, связывающие скорость отцепа на тормозной позиции и силу давления вагонного замедлителя в явном виде. Таким образом, полученные результаты не позволяют выполнить анализ движения вагона по тормозной позиции с точки зрения управления его скоростью. Поэтому ставится задача получить расчетные методы, дающие возможность такой анализ выполнять.

Для решения поставленной задачи на основании работ Г. М. Розенблата записываются уравнения движения колесной пары. При этом учитывается, что вагонный замедлитель может воздействовать на первую тележку по ходу движения, на обе тележки и на вторую тележку по ходу движения четырехосного вагона. Поэтому рассматриваются уравнения движения свободной колесной пары и заторможенной колесной пары.

Уравнения движения заторможенной пары имеют вид

$$J\frac{\dot{v}}{r} = 2F_{\text{т}}r + 2kP,$$
$$m\dot{v} = -2F_{\text{т}} - 4\mu P + S + mg\cos i, \qquad (1)$$

где J – момент инерции колесной пары, кг·м^2; v – скорость поступательного движения пары, м/с; r – радиус колеса, м; $F_{\text{т}}$ – сила трения колеса пары о рельс, Н; k – коэффициент пропорциональности, м; P – сила давления замедлителя, Н; m – масса колесной пары, кг; μ – коэффициент трения; S – сила взаимодействия колесной пары с кузовом вагона, Н; g – ускорение свободного падения, м/с^2; i – уклон горки, рад.

Уравнения движения незаторможенной пары

$$J\frac{\dot{v}}{r} = 2F_{\text{т}}r,$$
$$m\dot{v} = -2F_{\text{т}} + S + mg\cos i. \qquad (2)$$

В (1) и (2) первое уравнение описывает вращательное движение колесной пары, а второе – поступательное движение колесной пары.

Далее записывается уравнение движения кузова вагона

$$m_{\text{в}}\dot{v} = -S_1 - S_2 - S_3 - S_4 - m_{\text{в}}g\cos i, \qquad (3)$$

где $m_{\text{в}}$ – масса кузова вагона, кг; S_1, S_2, S_3, S_4 – силы взаимодействия кузова вагона с соответственно первой, второй, третьей и четвертой колесными парами, Н.

Условия движения отцепа меняются в зависимости от того, на сколько колесных пар воздействует замедлитель. Поэтому вводятся участки движения и координаты их начал: тормозится первая тележка по ходу движения, координата $x_{\text{п}1}$; тормозятся обе тележки, координата $x_{\text{п}2}$, тормозится вторая тележка по ходу движения, координата $x_{\text{п}3}$; отцеп покидает тормозную позицию, координата $x_{\text{п}4}$.

Для первого и третьего участков из первых уравнений в (1) и (2) выражается сила трения и подставляется во второе уравнение. Из второго уравнения находится сила взаимодействия колесной пары с кузовом вагона и подставляется в уравнение (3). Для второго участка используются только уравнения (1), а преобразования остаются теми же. В результате получаются уравнения для неизвестного ускорения движения отцепа по участку $a = \dot{v}$:

– для первого и третьего участков

$$\left(m_{\text{в}} + 4m + \frac{4J}{r^2}\right)\dot{v} = \left(\frac{4kP}{r} - 8\mu\right)P + \left(4m + m_{\text{в}}\right)g\cos i; \quad (4)$$

– для второго участка

$$\left(m_{\text{в}} + 4m + \frac{4J}{r^2}\right)\dot{v} = \left(\frac{8kP}{r} - 16\mu\right)P + \left(4m + m_{\text{в}}\right)g\cos i. \quad (5)$$

На практике необходимо определить скорость отцепа на выходе из тормозной позиции. В рамках принятых предположений о характере сил, воздействующих на отцеп, ускорение отцепа изменяется только при переходе с участка на участок. В точках перехода необходимо выполнять припасовывание решений. Условие припасовывания заключается в том, что скорость входа на участок j равна скорости покидания предыдущего участка. С учетом сказанного выше для вычисления скорости входа на участок j может использоваться простейшая формула кинематики

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}, \quad (6)$$

где s – перемещение, м; v_0 – начальная скорость, м/с; a – ускорение, м/с^2.

Применительно к движению отцепа по тормозной позиции из (6) получается расчетная формула для скорости отцепа при входе на участок тормозной позиции

$$v_{\text{п},\,j} = \sqrt{v_{\text{п},\,j-1}^2 + 2\left(x_{\text{п},\,j} - x_{\text{п},\,j-1}\right)a_{\,j-1}}, \quad (7)$$

где $v_{\text{п}}$ – скорость входа на участок тормозной позиции, м/с.

Скорость входа на первый участок есть скорость входа отцепа на тормозную позицию. Она считается известной. Скорость входа на четвертый участок есть скорость покидания отцепом тормозной позиции, является нормируемым параметром и должна быть обеспечена на тормозной позиции путем соответствующего управления вагонным замедлителем.

По полученным результатам можно сделать следующие выводы.

Для анализа движения вагона по тормозной позиции сортировочной горки с целью обеспечения работы систем горочной автоматики возможно и необходимо рассматривать это движение как плоское, с учетом вращательного движения колесных пар. Такой подход представляется более адекватным, нежели использующийся до настоящего времени подход, в котором движение вагона рассматривается как движение материальной точки.

В полученные уравнения движения отцепа явно входит сила давления замедлителя. Эта сила является основной характеристикой работы замедлителя. Поэтому полученные уравнения и расчетные соотношения позволяют непосредственно определить влияние замедлителя на ускорение и скорость вагона и обеспечить требуемое регулирование этой скорости.

В статье явно выписаны формулы для расчета скорости вагона при прохождении различных участков тормозной позиции и описан расчет скорости вагона методом припасовывания решений для отдельных участков тормозной позиции, на которых условия движения вагона различны. К сожалению, этот вопрос недостаточно освещен в предшествующих публикациях.

Вывод. Разработанные методы расчета кинематических характеристик движения отцепа по тормозной позиции могут найти применение при разработке математического обеспечения микропроцессорных и компьютерных горочных автоматических централизаций и для разработки программно-математического обеспечения АСУ сортировочных станций. Актуальность этой проблемы подтверждается, в том числе публикациями в научно-практической периодике, журнале «Автоматика, связь, информатика».

УДК 656.25

АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ НОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТАНДАРТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

В. Ф. КУСТОВ

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

Для нормирования и обеспечения показателей функциональной безопасности систем железнодорожной автоматики (СЖА) используются две основные стратегии:

– стратегия 1. Регламентация допустимой вероятности опасных отказов в час или интенсивности опасных отказов в расчете на одну функцию безопасности для уровней полноты безопасности SIL1–SIL4. Эта стратегия применяется в ряде международных и европейских стандартов для электронных, электротехнических и программируемых систем, связанных с безопасностью [1–2]. При этом исторически сложился приоритет политехнических стандартов и их использование для нормирования функциональной безопасности систем железнодорожной автоматики в европейских стандартах CENELEC [2];

– стратегия 2. Регламентация допустимой интенсивности опасных отказов на систему в целом или условный измеритель, например, на малую или крупную железнодорожную станцию, систему путевой блокировки, 1 км протяженности линии, 1 переезд и т. п. Эта стратегия применяется в ряде межгосударственных стандартов для основных систем ЖАТ [3–5].

В соответствии со стратегий № 1 определяется вероятность отказа одной функции безопасности за один час в расчете на одну функцию безопасности в течение предполагаемого периода работы (срока службы) и полученное значение делится на продолжительность этого периода [2]. Основными недостатками такой стратегии является следующее:

– усреднение вероятности опасного отказа может привести к тому, что вероятность опасного отказа системы в различные отдельные часы эксплуатации может быть значительно больше допустимых средних значений. Например, в начале эксплуатации, когда процессы старения и износа еще незначительны, эта вероятность может быть близкой к нулю, но в конце срока службы она может быть существенно и недопустимо больше, при этом за счет усреднения норматива требование стандарта по функциональной безопасности будет выполнено. С другой стороны, в конце срока службы, за счет плановой или неплановой замены аппаратных и программных средств она может быть ниже, чем в периоды эксплуатации до такой замены. Это позволит пропустить всплески нарушения безопасности в некоторых промежутках времени из-за старения элементов систем ЖАТ перед их заменой. Таким образом, необходимо определять вероятность опасного отказа системы за любой (каждый) час срока службы системы с учетом плановой или неплановой замены отдельных устройств, для чего необходимо оценивать наличие периодов эксплуатации систем с наименьшей функциональной безопасностью;

– при большом числе функций безопасности требования по безопасности к системе снижаются пропорционально их числу, т. к. невыполнение любой функции безопасности приводит к опасному состоянию всей системы в целом. В соответствии с этой стратегией при увеличении числа ответственных функций (логических зависимостей, проверок и т. п.) будут снижены допустимые требования по безопасности для систем электрической централизации (ЭЦ) даже для одинаковых станций, в которых будет большее количество проверяемых функций безопасности, что очевидно неверно. Для систем ЭЦ более крупных станций число ответственных функций будет еще больше и нормативные требования будут снижаться еще существеннее, что также неверно, тем более, что такие системы ЭЦ часто могут находиться в больших городах с высокой плотностью зданий и сооружений, с наличием в районе возможной катастрофы (из-за опасного отказа системы ЭЦ) большого количества людей и значительных материальных ценностей;

– объективное требование Заказчиков увеличения срока службы систем и устройств ЖАТ может привести к снижению их функциональной безопасности, особенно в конце срока службы (при выполнении требуемых нормативных уровней ФБ), так как допустимая вероятность опасного отказа будет прямо пропорционально зависеть от уровня SIL1–SIL4) и времени эксплуатации (срока службы).

В соответствии со стратегий 2 отдельные стандарты, например, межгосударственные стандарты для систем ЖАТ, нормируют интенсивность опасных отказов на систему в целом или условный измеритель, например, на малую или крупную железнодорожную станцию, систему путевой блокировки, 1 км протяженности линии, 1 переезд и т. п. [5–7].

Необходимо отметить, что требования ФБ должны быть связаны не с количеством стрелок на станции или с протяженностью линий автоблокировки, а с возможными уровнями последствий от опасного отказа систем ЖАТ. Требования ФБ (уровни SIL) необходимо устанавливать в стандартах и определять на этапе разработки Технического задания на проектирование конкретной системы ЖАТ и учитывать возможный риск нанесения ущерба с учетом различных факторов (возможного внедрения в будущем скоростного пассажирского движения поездов, расположения в районе управления систем ж. д. автоматики опасных объектов, которые могут увеличить ущерб при аварии поезда, возможных последствий от катастроф поездов с опасными грузами и т. п.). В качестве примера можно привести уровни последствий от железнодорожной катастрофы на ст. Арзамас-16, столкновения двух высокоскоростных поездов в китайской провинции «Вэнчжоу» и других значительных железнодорожных аварий. В качестве некорректного нормирования безопасности для привлечения пассажиров в авиации иногда оценивают безопасность полетов в расчете на 1 тыс. км перелета, что неверно, т. к. вероятность нанесения физического ущерба человеку при преодолении одинакового достаточно большого расстояния при поездке на велосипеде может быть даже больше, чем при перелете на самолете.

В статье приведены результаты расчетов функциональной безопасности систем ЖАТ по межгосударственным стандартам и их анализ:

– для систем автоматической блокировки: на железнодорожных перегонах принимается допустимая интенсивность опасных отказов 10^{-9}1/ч в расчете на один километр длины перегона [3]. Тогда допустимая вероятность опасных отказов на 1 тыс. км автоблокировки за 20 лет эксплуатации ориентировочно составит величину 0,2 или на каждом участке железных дорог протяженностью 5 тыс. км будет допускаться один опасный отказ системы и возможная авария или катастрофа;

– автоматической переездной сигнализации: допустимая интенсивность опасных отказов 10^{-8} 1/ч в расчете на один переезд [4]. Тогда, например, для эксплуатируемых на железных дорогах РФ 11 тыс. переездов за 20 лет службы будет допускаться 20 опасных отказов или один опасный отказ на каждые 500 переездов;

– станционных систем железнодорожной автоматики: допустимая интенсивность опасных отказов 10^{-7} 1/ч в расчете на одну железнодорожную станцию до 22 стрелок и 10^{-9} 1/ч для станций с числом централизованных стрелок более 22 [5]. С учетом статистических данных по эксплуатационной интенсивности опасных отказов реле 1-го класса надежности [6] требования указанного стандарта для станций с числом централизованных стрелок более 22 будут удовлетворять только системы ЭЦ с количеством реле 1-го класса не более 78 шт., т. е. все релейные системы ЭЦ для средних и крупных станций не будут удовлетворять требованиям стандарта. При этом необходимо отметить что реле 1-го класса обеспечивают безопасность только для объектов ЖАТ, у которых опасный отказ наступает при несанкционированном появлении сигнала, поэтому для обеспечения требований стандарта [5] в релейных системах ЭЦ необходимо дополнительно доказывать безопасность для объектов, у которых опасный отказ появляется при несанкционированном пропадании сигнала.

Проведенные исследования и практический опыт внедрения многих микропроцессорных устройств и систем ЖАТ позволяет сделать вывод о возможности применения новой стратегии нормирования для перспективных микроэлектронных устройств и систем ЖАТ. В соответствии с ней обоснование расчетных допустимых норм функциональной безопасности базируется на допускаемой вероятности появления менее одного опасного отказа для устройств или систем ЖАТ в течение определенного срока эксплуатации [6]. На основании разработанных нормативов определяется допустимая наработка до опасного отказа 1-го канала резервирования при обеспечении необходимой достоверности контроля или диагностики опасного отказа в каждом канале резервирования системы (до появления опасного отказа в другом канале резервирования), а также допустимого времени устранения опасного отказа. В случае появления опасного отказа в канале резервирования за меньший период эксплуатации расследуются причины, влияющие на недопустимую безопасность таких систем ЖАТ.

Список литературы

1 IEC 61508-1(:2010). Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems. – Part 1: General requirements. – M. : РСТ, 2010. – 132 с.

2 CENELEC-EN 50129. Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling. – Киев: УкрНИУЦ, 2019.

3 МГС ГОСТ 33895–2016. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на перегонах железнодорожных линий. Требования безопасности и методы контроля. – Введ. 11.01.2017. – М. : Стандартинформ, 2017. – 16 с.

4 МГС ГОСТ 33893–2016. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных переездах. Требования безопасности и методы контроля. – Введ. 11.01.2017. – М. : Стандартинформ, 2017. – 16 с.

5 МГС ГОСТ 33894–2016. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных станциях. Требования безопасности и методы контроля. – Введ. 11.01.2017. – М. : Стандартинформ, 2017. – 30 с.

6 **Кустов, В. Ф.** Разработка требований функциональной безопасности для устройств железнодорожной автоматики / В. Ф. Кустов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2020. – № 2 (41). – С. 28–30.

УДК 681.51

ПРИМЕНИМОСТЬ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ, СЧЁТЧИКОВ ОСЕЙ И ОПТОСЕНСОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

В. В. ЛЯНОЙ, Р. В. ГНИТЬКО
АО «НПЦ «Промэлектроника», г. Екатеринбург, Российская Федерация

На место рельсовых цепей (РЦ) как средства контроля свободности/занятости участков пути претендуют две основные технологии: счёта осей, преимущественно с помощью индуктивных датчиков колеса (ИДК), и оптосенсорные системы. Рассмотрим возможности и ограничения каждой из них в сравнении с РЦ.

ИДК и системы счёта осей (ССО) на их основе применяются с середины XX века, имеют меньшую стоимость жизненного цикла по сравнению с РЦ, в настоящее время в мире внедрено более полумиллиона счётных пунктов. В пятёрке мировых лидеров – Thales (более 150 тыс.), Frauscher (более 120 тыс.), Pintsch Tieffenbach (более 80 тыс.), Siemens (около 50 тыс.), НПЦ «Промэлектроника» (около 25 тыс.). Таким образом, накоплен большой опыт эксплуатации ИДК и ССО, область их применения и функциональные возможности значительно шире, чем у РЦ.

Технология счёта осей уже давно вышла за рамки металлодетекции. Новейшие датчики позволяют собирать, обрабатывать и передавать более 40 различных параметров, например: скорость, вибрацию, температуру, положение и диаметр колеса, направление движения, а современные технологии обработки информации дают нам цифровую 3D-модель ферромагнитных масс. При этом на порядки снизилась вероятность сбоев и отказов по сравнению с датчиками 90-х и даже нулевых годов.

На последней выставке InnoTrans мировые лидеры представили новые линейки решений на основе счёта осей: для прикладных задач эксплуатации, информационно-логистических систем предприятий, а также объектные контроллеры счёта осей с использованием беспроводных сетей передачи данных. Такие интеллектуальные решения соответствуют мировым тенденциям развития техники и востребованы в крупных инфраструктурных проектах.

Однако по своей природе ИДК являются точечными датчиками и не обеспечивают две функции РЦ: контроль излома или изъятия рельса и АЛСН. Но являются ли РЦ релевантным средством контроля излома или изъятия рельса?

По данным исследований российских учёных В. М. Филиппова и А. А. Маркова, основными являются случаи изломов рельсов в зоне сварных стыков (более 35 %), из-за поперечных трещин в головке (≈25 %), и из-за трещин коррозионного происхождения в подошве рельсов (≈20 %).

Исследования, проведённые НИЦ-ПУТЬ на Горьковской ж. д., показывают, что большинство изломов рельсов происходит под поездами, в местах со сверхнормативными отступлениями в параметрах путевой решётки, где возникает продольное кручение рельса от приложенной поездной нагрузки. В подошве рельса зарождается и развивается усталостная трещина, которая приводит к излому рельса под поездами по дефектам 69 и 79. А при боковом смещении головки рельса внутрь колеи происходит динамическое соударение гребня колеса и головки рельса. В результате происходит зарождение и развитие горизонтальных и поперечных трещин.

Рельс с трещиной уже является остродефектным и подлежит незамедлительной замене. При этом остродефектные и дефектные рельсы не обеспечивают разрыв электрической цепи, а поэтому не выявляются контрольным режимом РЦ и должны обнаруживаться только методами дефектоскопии.

Далее, в момент излома рельса под поездом РЦ находится в шунтовом режиме и не может выявить это явление. Учитывая вышеизложенное, РЦ как средство контроля излома или изъятия рельса целесообразно применять только на участках с интенсивным и особо интенсивным движением.

Рассмотрим вопрос передачи данных о поездной ситуации и допустимой скорости движения без использования РЦ. Для этого следует применять различные виды цифровых радиоканалов, обеспечивающих множественный доступ и автоматический хэндоверинг. Выбор типа сети обмена данными определяется экономической целесообразностью, но при этом необходимо учитывать пригодность этой сети с точки зрения обеспечения безопасности движения поездов. Речь идёт об обеспечении необходимой скорости обмена данными с учётом интенсивности движения, специфики радиоканала, помеховой обстановки, алгоритмов обработки информации. В этой связи рискованно использовать сети, разработанные для интернета вещей (LoRaWAN и т. п.), из-за крайне низкой скорости передачи данных и уязвимости для хакерских атак. Более приемлемы высокоскоростные сети типа Wi-Fi, Wi-Max (с доработкой ПО), LTE-R и т.п. НПЦ «Промэлектроника» ещё в 2008 г. получил положительные результаты эксперимента по передаче сигналов АЛСН посредством радиоканала на базе транспортного уровня сети Wi-Fi.

В зависимости от характера и интенсивности движения радиосеть может обеспечивать непрерывное, квазинепрерывное (на станциях, блок-постах и участках приближения к ним) и даже точечное кодирование. Здесь как дополнительное (а для малодеятельных участков – и как альтернативное) средство точечного кодирования могут использоваться активные путевые приёмоответчики (транспарентные бализы).

В начале 10-х годов нынешнего века в мире получили широкое распространение оптосенсорные технологии. Базируются на возникновении электрических эхо-сигналов при поперечных или продольных деформациях волоконнооптического кабеля (ВОК), а также при изменении его температуры. Есть две основных технологии: FBG, основанная на изменении свойств брэгговских решёток ВОК (есть определённые сложности, связанные с необходимостью применения специальных ВОК), и C-OTDR, использующая рэлеевские отражения в типовых ВОК. На базе данных технологий создан ряд оптосенсорных систем (Distributed Acoustic Sensing, DAS).

Анализ отражённых сигналов, принятых рефлектометром, позволяет выявить множество событий, происходящих на участке железной дороги протяжённостью до нескольких десятков километров, таких, как:

– прохождение подвижного состава, формирование ГИД;
– определение дефектов колёсных пар, тележек и рельсов;
– несанкционированный доступ к объектам ж.-д. инфраструктуры;
– сход подвижного состава;
– определение загрузки вагонов, скорости поезда и т. п.

По совокупности функциональных возможностей системы DAS экономически намного эффективнее традиционных средств фиксации вышеуказанных событий.

Вместе с тем есть ограничения применения DAS в системах обеспечения безопасности движения поездов. Физические принципы оптосенсорных технологий определяют однозначные соотношения между длиной контролируемого участка, разрешающей способностью и отношением сигнал/помеха. Поэтому продольная точность в типовых применениях не превышает 10–15 м, что ограничивает использование DAS в системах обеспечения безопасности движения на станциях. Отмечена практическая невозможность различения, по какому из путей многопутного участка следует поезд. Параметры оптосенсорных систем сильно зависят от внешних механических факторов, например, сейсмической активности. С другой стороны, DAS-системы не могут обнаружить вагон, неподвижно стоящий на участке пути. Из материалов зарубежной печати известно о ряде инцидентов, связанных с нарушением безопасности движения поездов, при эксплуатации DAS-систем.

Сравнение свойств и функциональных возможностей РЦ, ССО и DAS показано в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика	РЦ	ИДК и ССО	DAS
Достоверный контроль свободности/занятости участка	+	+	–
Контроль излома/изъятия рельса	–/+	–/–	+/+
Кодирование	+	–	–
Позиционирование подвижного состава	–	+	+
Измерение скорости	–	+	+
Контроль схода подвижного состава	–	+	+
Выявление дефектов подвижного состава/погрузки	–/–	+/–	+/+
Измерение температуры рельса	–	+	–
Непрерывное взаимодействие с подвижным составом	+	–	+
Устойчивость к пониженному (нулевому) сопротивлению балласта	–	+	+
Сейсмическая устойчивость	+	+	–
Энергетическая эффективность	–	+	+
Обработка сигнала малой вычислительной мощностью	+	+	–
Обеспечение УПБ 4 без дополнительных средств	+	+	–
Простота монтажа и наладки	–	+	–
Нечувствительность к типам колёс и верхнего строения пути	+	+	–
Нечувствительность к загрязнению поверхностей колёс и рельсов	–	+	+
Максимальная длина контролируемого участка, км	2,5/0,8	∞	50
Удельная стоимость жизненного цикла перегонных систем в относительных единицах (РЦ = 100 %)	100	30	30

Таблица 1 показывает, что у каждого из апробированных способов обнаружения проходящего по пути состава и контроля свободности/занятости участка есть свои сильные и слабые стороны, и максимальный эффект даёт их комбинированное применение, о чём свидетельствует, например, выступление профессора Марка Энтони, руководителя департамента МСЖД на WDF-2017, а также наличие таких продуктов у зарубежных производителей систем ЖАТ. При этом безопасное определение свободности/занятости участка пути обеспечивают только РЦ и ССО.

Настоящий доклад не предусматривает рассмотрение координатного метода определения свободности/занятости на базе СНС, триангуляции, пассивных бализ, одометров, допплеровских радаров и т. п. Отдельно взятый, он также не обеспечивает требуемый уровень безопасности из-за не решённой пока задачи автоматического контроля координаты хвостового вагона. Но как дополнение к одному из базовых, этот метод представляет собой перспективное средство интервального регулирования.

Резюмируя вышеизложенное, можно предложить экономически эффективные варианты оснащения системами ЖАТ участков с различным характером и интенсивностью движения. Базовая технология – счёт осей. В порядке возрастания интенсивности движения:

Для малодеятельных участков – микропроцессорная полуавтоматическая блокировка со счётчиками осей. По требованию заказчика дополняется устройствами кодирования на базе точечного или квазинепрерывного радиоканала.

При увеличении трафика устанавливается один или несколько автоматических блок-постов.

При дальнейшем увеличении интенсивности движения – переход к автоблокировке на базе счёта осей с непрерывным радиоканалом для кодирования.

На участках с интенсивным и особо интенсивным движением, а также высокоскоростных, применяется автоблокировка на базе РЦ с подвижными блок-участками и дифференцируемыми участками удаления, по требованию заказчика в качестве 100 % резерва используется автоблокировка на базе счёта осей с непрерывным радиоканалом. Для повышения пропускной способности также может применяться координатный метод.

Во всех случаях дополнительно может быть использована DAS-система для расширения функциональных возможностей и повышения безопасности и готовности комплексной системы контроля свободности/занятости участка.

Список литературы

1 **Ляной, В. В.** Обеспечение безопасности движения железнодорожного транспорта на основе совершенствования индуктивных датчиков регистрации колеса / В. В. Ляной // Транспорт Урала. – № 2 (49). – 2016. – С. 93–96.

2 Счет осей Frauscher sensor technology [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.frauscher.com/assets/media/Broschueren/RU/2012_AxleCounting_RU_WEB.pdf. – Дата доступа : 21.09.2021.

3 Инструкция «Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и остродефектных рельсов»: [утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 23.10.2014 г. № 2499р] [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.tdesant.ru/info/item/144. – Дата доступа : 21.09.2021.

4 **Филиппов, В. М.** Управление техническим состоянием верхнего строения пути : автореф. дис. … д-ра техн. наук. – М., 1997 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://tekhnosfera.com/upravlenie-tehnicheskim-sostoyaniem-verhnego-stroeniya-puti. – Дата доступа : 23.09.2021.

5 **Марков, А. А.** Актуальные проблемы дефектоскопии рельсов и пути их решения / А. А. Марков [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.radioavionica.ru/activities/sistemy-nerazrushayushchego-kontrolya/articles/files/razrab/st_2016_1.pdf. – Дата доступа : 23.09.2021.

6 **Lancaster, Gavin.** DAS: Готовое решение для ж/д отрасли / Gavin Lancaster // Ultimate Rai. – 2018. – № 2. – С. 23–25.

7 Сходы из-за изломов рельса [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://vuzlit.ru/1001608/shody_izlomov_relsa. – Дата доступа : 23.09.2021.

8 **Плотников, О.** Практический опыт эксплуатации сети LoRaWAN. Заметки IoT-провайдера / О. Плотников [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://nag.ru/go/text/101403/. – Дата доступа : 23.09.2021.

9 UIC. Доклад Марка Энтони на IV Форуме по датчикам колес, Вена, 4–6 октября 2017 г.

УДК 004.052.42

СИНТЕЗ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ СТРЕЛОЧНЫМ ПЕРЕВОДОМ НА ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

А. В. ПАШУКОВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Программируемые логические интегральные схемы (ПМС), несмотря на высокую конкуренцию, смогли найти применение во многих отраслях промышленности. Так, ПЛИС применяются в атомной промышленности [1, 2], авиации, военной технике [3], на железных дорогах [4, 5] и т. д.

Использование ПЛИС в области СЦБ на железнодорожном транспорте имеет ряд преимуществ. Среди них выделяются:

– существенное изменение себестоимости создания проекта;

– возможность реализации сложных параллельных алгоритмов;

– высокое быстродействие, необходимое для диагностики устройств ЖАТ;

– возможность программирования или реконфигурации непосредственно в готовой системе;

– аппаратная реализация алгоритмов работы систем ЖАТ;

– уменьшение занимаемого объёма необходимой аппаратуры по сравнению с релейными схемами;

– уменьшение затрат электроэнергии.

В данной работе рассматривается возможность создания на ПЛИС схем управления объектами напольной автоматизации железнодорожного транспорта на примере схемы управления стрелочным переводом.

При синтезе схемы управления стрелочным переводом нужно описать логику ее работы в виде конечного автомата, который будет являться основой схемы управления. Для этого воспользуемся графом переходов (рисунок 1).

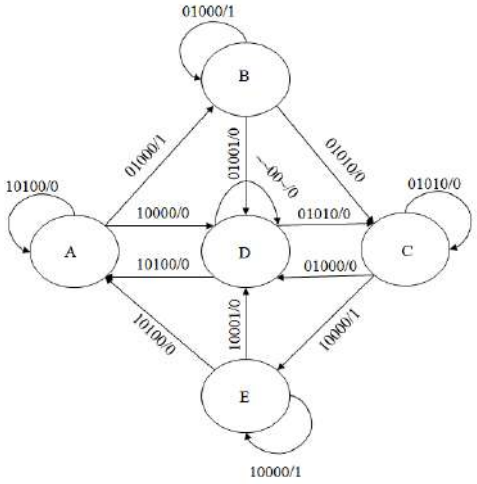


Рисунок 1 – Граф переходов схемы управления стрелочным переводом:
A – плюсовое положение стрелки; B – потеря контроля при переводе «–»; C – минусовое положение стрелки;
E – потеря контроля при переводе стрелки в «+»

Рассмотрим наиболее простой частный случай синтеза схемы, где используются только 5 состояний: «Плюсовое положение стрелки», «Минусовое положение стрелки», «Потеря контроля при переводе в плюсовое положение», «Потеря контроля при переводе в минусовое положение» и «Защитное состояние». В дальнейшем добавятся состояния, соответствующие замкнутости в маршруте, передаче на макет и т. д.

В начальном состоянии стрелка находится в одном из двух состояний: «Плюсовое положение» или «Минусовое положение». При потере контроля положения стрелки без сигнала на перевод схема перейдет в защитное состояние, где будет находиться до устранения неисправности. При получении команды на перевод стрелка перейдет в состояние «Потеря контроля при переводе» и будет в нем оставаться до получения контроля крайнего положения стрелки или до истечения времени перевода стрелки. Если перевод завершен успешно, то стрелка примет одно из начальных состояний. Если время перевода истекло, а контроля положения нет, то схема перейдет в защитное состояние.

При синтезе конечного автомата для предотвращения опасных отказов стоит учитывать возможные неисправности и способы их обнаружения. Более подробно про неисправности и способы их обнаружения описаны в [6]. В данной работе для обнаружения неисправностей в спроектированной схеме были применены модульные коды с суммированием [7, 8]. Для этого заданные состояния схемы кодируются с помощью указанных кодов.

Синтез конечного автомата был осуществлен на ПЛИС фирмы Altera, семейства MAX II с помощью программной среды Quartus Prime. Блок логики переходов между состояниями представлен ниже:

```
case (state)
A:  if ( i==1 and i2==0 and i3==0 and i4==0 and i5=0) next_state = D;
    if ( i==0 and i2==1 and i3==0 and i4==0 and i5=0) next_state = B;
    else next_state = A;
B:  if ( i==0 and i2==1 and i3==0 and i4==1 and i5=0) next_state=C;
    if ( i==0 and i2==1 and i3==0 and i4==0 and i5=1) next_state=D;
    else next_state=B;
C:  if ( i==0 and i2==1 and i3==0 and i4==0 and i5=0) next_state=D;
    if ( i==1 and i2==0 and i3==0 and i4==0 and i5=0) next_state=E;
    else next_state=C;
D:  if ( i==1 and i2==0 and i3==1 and i4==0 and i5=0) next_state=A;
    if ( i==0 and i2==1 and i3==0 and i4==1 and i5=0) next_state=C;
    else next_state=D;
E:  if ( i==1 and i2==0 and i3==1 and i4==0 and i5=0) next_state=A;
    if ( i==1 and i2==0 and i3==0 and i4==0 and i5=1) next_state=D;
    else next_state=E;
endcase,
```

где i1, i2, i3, i4, i5, 0 – входные и выходные данные; i1 – команда на перевод в плюсовое положение; i2 – команда на перевод в минусовое положение; i3 – контроль плюсового положения; i4 – контроль минусового положения; i5 – таймер перевода стрелки; 0 – состояние двигателя электропривода (вкл./выкл.).

Стоит отметить, что применение модульных кодов не приводит к резкому увеличению избыточности, что позволяет их эффективно применять не только для устройств, реализованных на ПЛИС, но и для любых типов устройств, имеющих в основе элементы программируемой логики.

Предложенный вариант синтеза схем управления на железнодорожном транспорте дает возможность создания новых систем обеспечения движения поездов на высокоскоростных магистралях, где предъявляются повышенные требования к быстродействию, надежности и безопасности.

Список литературы

1 Проект цифровой управляющей системы безопасности для энергоблоков АЭС с реакторами ВВЭР / А. В. Кудрявцев [и др.]. – М. : Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2012. – 144 с.

2 New control systems for emergency protection of power reactors / A. A. Zaikin [et al.] // Ядерные измерительно-информационные технологии. – 2005. – № 3. – С. 30–55.

3 Перспективы использования FPGA-технологий в системах железнодорожной автоматики / М. Л. Малиновский [и др.] // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. – Харьков, 2012, Вип. 130: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – С. 79–81.

4 **Кабецкий, А. Г.** Методы и инструментальные средства построения логических устройств электрической централизации на базе программируемых логических интегральных схем / А. Г. Кабецкий, Д. С. Марков // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2010. – № 2. – С. 168–173.

5 **Dobiáš, R.** FPGA Based Design of Railway's Interlocking Equipment / R. Dobiáš, H. Kubátová // Proceedings of EUROMICRO Symposium on Digital System Design. – 2004. – P. 467–473.

6 **Сапожников, Вл. В.** Синтез систем управления движением поездов на железнодорожных станциях с исключением опасных отказов / Вл. В. Сапожников**. –** М. : Наука, 2021. – 229 с.

7 **Сапожников, В. В.** Коды с суммированием для систем технического диагностирования. Т. 1. Классические коды Бергера и их модификации : [монография] / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Д. В. Ефанов. – М. : Наука, 2020. – 383 с.

8 **Сапожников, В. В.** Коды с суммированием для систем технического диагностирования. Т. 2. Взвешенные коды с суммированием : [монография] / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Д. В. Ефанов. – М. : Наука, 2021. – 455 с.

УДК 656.25

ОЦЕНКА НЕЗАВИСИМОСТИ ОТКАЗОВ В ДИВЕРСИТЕТНОМ ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ С ПОМОЩЬЮ EL-МОДЕЛИ

С. Н. ХАРЛАП, А. Ю. КУЛАЖЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современные микроэлектронные системы железнодорожной автоматики реализуются как многоканальные системы. В таких системах технологические алгоритмы, связанные с функциональной безопасностью, выполняются параллельно в различных каналах с последующим сравнением результатов работы. Управляющие воздействия вырабатываются только в том случае, если каналы выдали одинаковые результаты. Безопасность таких систем базируется на предположении, что любой отказ или ошибка в программном обеспечении приведут к различной реакции каналов на одни и те же входные воздействия, что будет обнаружено схемой сравнения и переведет систему в защитное состояние.

Такое поведение системы при отказах или ошибках в программном обеспечении можно обеспечить только в случае независимости возникновения отказов и проявления ошибок программного обеспечения в разных каналах. В соответствии с МЭК61508 основным способом обеспечения независимости отказов в различных каналах многоканальной системы является диверситет (разнообразие). При этом диверситет может быть функциональным, основанным на различных способах решения одной и той же задачи, и диверситетом технологий.

К сожалению, в стандарте не даются методы оценки достигнутого диверситета, что приводит к убежденности, что любой диверситет обеспечивает необходимую независимость отказов. В то же время имеются публикации, показывающие ложность данного утверждения, в частности предложенная в конце прошлого века формализованная модель (EL-модель) позволяет получить вероятностную оценку диверситетных программ и математически доказывает, что невозможно достичь независимости отказов в различных версиях программы, даже если версии разработаны независимо в соответствии с действующими стандартами.

Рассмотрим в качестве примера оценку независимости отказов управляющей программы, выполняющей вычисление функции алгебры логики $Y=A\cdot(B+\bar{C}+D\cdot A\cdot\bar{D})+D\cdot\bar{A}\cdot(B+\bar{B})$. Функция реализована следующими способами:

π_1 – непосредственное вычисление ФАЛ;

π_2 – минимизация (преобразование) ФАЛ и ее непосредственное вычисление. Функция после минимизации: $Y=A\cdot(B+\bar{C})+D\cdot\bar{A}$;

π_3 – вычисление методом бинарных программ;

π_4 – вычисление по таблице истинности (метод адресных переходов).

Методы π_1 и π_2 реализованы непосредственным вычислением ФАЛ с помощью логических операций AND, OR, NOT. Метод π_3 представляет собой вычисление ФАЛ с помощью проверки ряда условий, например, если $A = 0$ и $D = 0$, то $Y = 0$. Метод π_4 основан на предварительном вычислении таблицы истинности функции и записи ее в определенную область памяти. Алгоритм предусматривает вычисление по значениям входных переменных адреса ячейки таблицы истинности, в которой хранится результат. Методы π_1, π_3 и π_4 считаются взаимно диверситетными. Для методов π_1 и π_2 взаимный диверситет считается недостаточным.

Для оценки корректности программ применяется метод функционального тестирования по критериям:

1) проверка всех классов входных данных, когда тест должен содержать по одному представителю из каждого класса;

2) проверка всех классов выходных данных, когда при исполнении тестовых примеров должно быть получено по одному представителю из каждого класса.

Тестовая последовательность (*ABCD*) представлена в таблице 1.

Таблица 1 – **Тестовая последовательность**

№	Входные значения				Ожидаемый результат
	A	B	C	D	Y
T1	**0**	**1**	**0**	**1**	**1**
T2	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**

Предположим, что при разработке программ были допущены ошибки. Статистическая вероятность возникновения ошибок в программном обеспечении составляет примерно от 2 до 15 ошибок на 1000 строк кода. Для реализации указанных версий ПО объем кода составляет не более 50 строк, поэтому можно предположить, что вероятность ошибки составит не менее 0,1. Типы ошибок определены экспертно, основываясь на том, что основными причинами ошибок являются невнимательность человека при создании программы и использование неисправных аппаратных средств или некорректно работающих программных инструментальных средств. Рассмотрены следующие типы ошибок:

1) невыполнение (пропуск) инверсии логической переменной;

2) преобразование одной логической операции в другую (например AND в OR и обратно);

3) неверное значение флага сравнения результатов (при выполнении операций сравнения в методе бинарных программ);

4) невыполнение (неполное выполнение) сдвига при формировании адреса в методе адресных переходов.

При оценке версий ПО с помощью EL-модели учитывались только версии программ, наличие ошибок в которых не обнаруживалось тестами.

Для указанных условий были рассчитаны вероятности формирования программами ошибочных результатов. В соответствии с методикой были получены следующие результаты.

Вероятность того, что случайно выбранная программа для случайно выбранного входного значения отработает ошибочно, составляет $Q_1 = 0{,}013$.

Если использовать две случайно выбранные версии с последующим сравнением результатов, то вероятность ошибочного выходного воздействия для случайно выбранного входного значения составляет $Q_2 = 0{,}0006$.

Если же использовать предположение о полной независимости отказов для двух каналов, то это даст более низкую вероятность отказа системы $Q_3 = 0{,}0002$.

Таким образом, результаты исследований подтвердили тезис о том, что полная независимость отказов даже для диверситетных версий ПО не может быть достигнута, т. е. оценку безопасности ПО невозможно получить просто из факта наличия диверситета: нельзя утверждать, что если одна система имеет вероятность опасного отказа λ, то диверситетная система будет иметь вероятность опасного отказа равную λ^2.

УДК 656.25

УРОВНИ ФОРМАЛИЗАЦИИ ФУНКЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЕРИФИКАЦИИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

С. Н. ХАРЛАП, Б. В. СИВКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Микропроцессорные системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) используются на железнодорожном транспорте, где главным аспектом является безопасность движения поездов. К таким системам предъявляются повышенные требования по безопасности, надёжности и

отказоустойчивости, и для обеспечения надлежащего уровня функционирования необходимо проводить дополнительные мероприятия, одним из которых является доказательство функциональной безопасности.

При выполнении процедуры доказательства безопасности необходимо документально подтвердить выполнение всех функций безопасности проверяемой системы с заданным уровнем полноты безопасности (УПБ). Для этого необходимо пройти несколько этапов:

1) сформировать перечень функций безопасности, определить критерии опасного и защитного отказа системы в целом;

2) выполнить трассировку системных требований до каждой функции безопасности, определить критерии опасного и защитного отказа для каждой функции;

3) определить способ подтверждения соответствия (верификации) каждой функции требованиям функциональной безопасности;

4) разработать методики и программы проведения мероприятий по верификации (экспертиза, тестирование, испытания);

5) выполнить мероприятия по верификации и оформить отчетные материалы (экспертные заключения, расчеты, протоколы тестирования и испытаний).

Для того, чтобы обеспечить однозначность, достоверность и проверяемость результатов верификации, необходимо выполнить формализацию свойств системы, реализуемых функций и критериев отказов. В частности, без подобной формализации может оказаться невозможным применение формальных методов при подтверждении соответствия. Данная необходимость обусловлена высокими требованиями по показателям безопасности и надёжности систем, связанных с безопасностью движения поездов.

В статье рассмотрены три уровня формализации: неформализованный, формализованный и проверяемый. Первый из них, как правило, является вербальной формулировкой – он абстрактен, удобен при общении и не требует существенных затрат. Так, он используется в нормативных документах (ГОСТ, ПТЭ, ИСИ и др.). Именно неформальный уровень используется на начальных этапах доказательства безопасности, где требования безопасности и критерии отказов обычно оформляются в виде технического задания или спецификации требований. В этом случае используются такие формулировки, как «При замыкании маршрута приема должны проверяться следующие условия: отсутствие установленного встречного поездного или маневрового маршрута на железнодорожный путь …».

Однако при проведении дальнейших работ по верификации требуется частичная или полная формализация требований и критериев отказов, которая устраняет неоднозначности и после её проведения возможно применение некоторой формальной системы во время верификации. Например, при трассировке системных требований возникает потребность в однозначной идентификации каждого требования на различных уровнях иерархии системы. Так, для рассмотренного выше примера можно выделить как минимум четыре уровня иерархии:

[МПЦ_ОСН_УПБ4] – функции безопасности в основном режиме управления;

[ОСН_УПМР_УПБ4] – функция безопасности «Установка поездного маршрута с замыканием секций маршрута и включением разрешающего показания на железнодорожном светофоре»;

[УПМР_ЗПМ_УПБ4] – замыкание поездного маршрута;

[ЗПМ_ОВМ_УПБ4] – отсутствие установленного встречного поездного или маневрового маршрута на железнодорожный путь.

После определения способа подтверждения соответствия выполняется следующий этап формализации, глубина которой зависит от выбранного способа подтверждения. При экспертизе дальнейшая формализация обычно не выполняется, для выполнения расчетов критерии описываются числовыми значениями, а, например, при автоматизированном тестирования критерии отказов описываются в виде булевых выражений. При этом переход к формальному уровню достаточно сложен, неоднозначен, требует согласованной работы разработчика и организации, проводящей экспертизу, поэтому желательно переходить ко второму уровню формализации как можно раньше. Опыт верификации микроэлектронных СЖАТ выявил ряд ситуаций, когда переход к формализованному уровню не представляется возможным. В этом случае решением является формализованное описание свойств рассматриваемого понятия, и далее во время доказательства безопасности делается экспертное заключение.

Формализованный уровень характерен тем, что свойство может быть описано в виде знаков некоторой формальной системы. Так, если на неформализованном уровне свойство определяется, как «При замыкании маршрута приема должно проверяться отсутствие установленного встречного поездного или маневрового маршрута на железнодорожный путь», то на формализованном уровне нужно для конкретной системы описать данное свойство так, чтобы была возможность математически строгой проверки, например, в виде выражений булевой алгебры.

Проверяемый уровень достигается тогда, когда возможно проведение автоматизированного испытания или тестирования для проверки рассматриваемого свойства. Например, проверка зависимостей системы МПЦ, реализованных программным способом, предполагает полный перебор всех возможных технологических ситуаций на станции. Количество таких ситуаций может быть очень большим, а ручная проверка занимать значительное время. Поэтому в таких случаях широко используются системы автоматического тестирования, для успешной работы которых необходима формализация как свойств системы, так и критериев отказов. На практике проверяемый уровень не всегда достижим в полном объеме из-за сложности системы, ограниченности ресурсов для доказательства или других факторов.

Таким образом, формализация является необходимым элементом процессов верификации и доказательства безопасности микропроцессорных систем. При этом надо стремиться обеспечить как можно более высокий уровень формализации, так как это позволяет применять средства автоматизации проведения тестирования и испытаний, повышает достоверность и проверяемость результатов верификации.

УДК 621.391.825

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГЕНЕРАТОРА ВЫБРОСОВ 1,2/50 ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСЛОВИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ИМПУЛЬСОВ ПОМЕХ

С. И. ХОМЕНКО, И. О. ЖИГАЛИН, В. Л. КАТКОВ, И. В. ЛОГВИНЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При проведении испытаний на устойчивость к выбросу напряжения стандарт ГОСТ IEC 61000-4-5-2017 [3] предполагает для 4–5-го класса условий эксплуатации применение генераторов выбросов следующих видов: комбинированный генератор выбросов 1,2/50 мкс и комбинированный генератор выбросов 10/700 мкс. Для 1–3-го классов условий эксплуатации применяется только комбинированный генератор выбросов 1,2/50 мкс.

Испытание генератором 10/700 мкс проводится редко вследствие чего испытательные лаборатории часто не оснащены соответствующим генератором.

Для обеспечения возможности проведения испытаний генератором выбросов 1,2/50 мкс вместо генератора выбросов 10/700 мкс необходимо определить возможность использования генератора выбросов 1,2/50 путем изменения его параметров согласно условию эквивалентности импульсов.

Импульс, формируемый в соответствии со стандартом, представляет собой двухэкспоненциальный импульс с коротким фронтом. Для упрощения вычислений в данном случае существует возможность представления его в виде экспоненциального импульса с параметрами активной длительности и амплитуды, как у импульса генератора выбросов.

Необходимыми и достаточными требованиями для обеспечения эквивалентности воздействия импульсов [1] является выполнение условий одинаковости их активной ширины спектра Δf_1 и Δf_2, а также полных энергий W_1 и W_2:

$$\begin{cases} W_1 = W_2, \\ \Delta f_1 = \Delta f_2. \end{cases}$$

Генератор выбросов позволяет менять только амплитуду импульса, т. е. формировать эквивалентный импульс можно только с соответствующим поправочным коэффициентом к амплитуде $N_{\text{норм}}$.

Определим параметры экспоненциального импульса с активной длительностью 50 мкс эквивалентного экспоненциальному импульсу с активной длительностью 700 мкс.

Экспоненциальный импульс задается уравнением:

$$U(t) = \begin{cases} U_0 \, e^{-\beta \cdot t}, \text{ при } t \geq 0, \\ 0, \text{ при } t < 0, \end{cases}$$

где U_0 – амплитуда импульса; β – коэффициент, характеризующий крутизну экспоненты.

Зависимость β от активной длительности импульса (на уровне 50 % амплитуды) определяется формулой:

$$\beta = \frac{\ln(2)}{\tau}.$$

Графики экспоненциальных импульсов с активной длительностью 50 и 700 мкс представлены на рисунке 1.

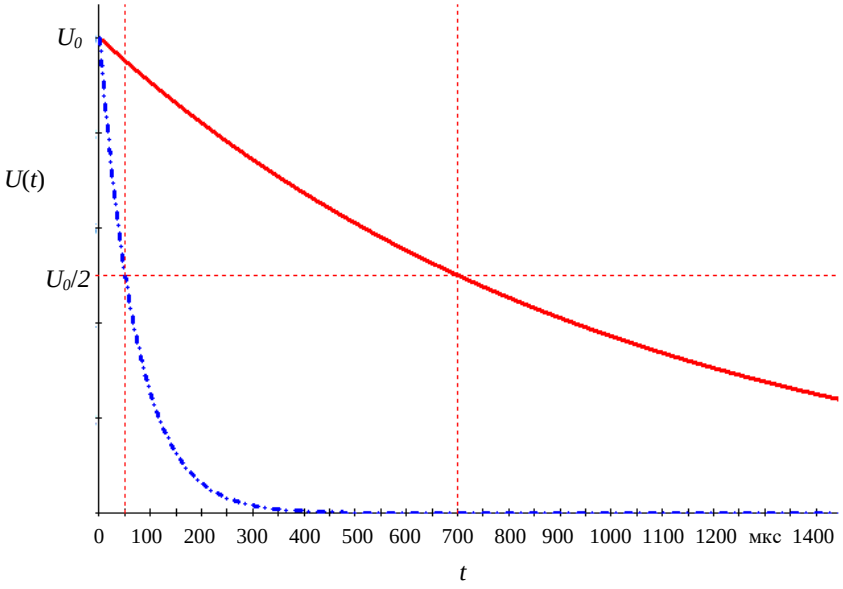


Рисунок 1

Для экспоненциального импульса амплитудой U_0 спектральная характеристика сигнала определяется из соотношения [2]

$$A(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} U(t) e^{-j\omega t} dt = \frac{U_0}{\beta + j\omega}.$$

Функция A(ω) представляет собой модуль комплексного выражения

$$A(\omega) = |A(j\omega)| = \frac{U_0}{\sqrt{\beta^2 + \omega^2}}.$$

Полная энергия экспоненциального импульса, выделяемая на активном сопротивлении $R = 1$ Ом, определяется из соотношения:

$$E = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} [A(\omega)]^2 d\omega = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{U_0^2}{\beta^2 + \omega^2} d\omega \, .$$

Для выполнения условия эквивалентности требуется равенство энергий импульсов различной длительности. Так, для импульсов длительностью 50 и 700 мкс необходимо выполнение равенства

$$\frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{U_0^2}{\beta_{50}^2 + \omega^2} d\omega = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{N_{\text{норм}}^2 U_0^2}{\beta_{700}^2 + \omega^2} d\omega \, .$$

Выведя из равенства $N_{\text{норм}}$, получаем:

$$N_{\text{норм}} = \sqrt{\frac{\beta_{50}}{\beta_{700}}}.$$

Графики спектральных функций импульсов представлены на рисунке 2 (1 – импульс длительностью 700 мкс, 2 – импульс длительностью 50 мкс, 3 – нормированный импульс длительностью 50 мкс).

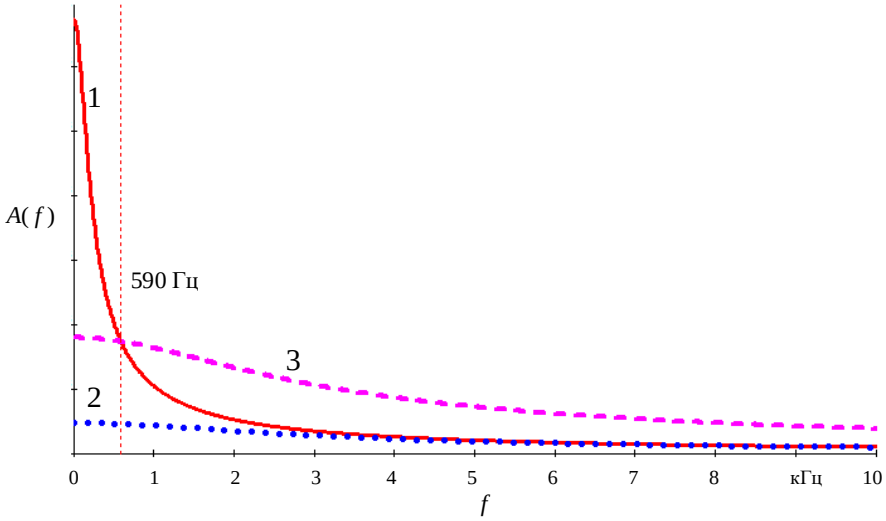


Рисунок 2

Анализ графиков показывает, что для области частот выше 590 Гц эквивалентный импульс длительностью 50 мкс имеет амплитуды гармонических составляющих большие, чем у импульса длительностью 700 мкс.

Таким образом, можно сделать вывод, что существует возможность оценки воздействия импульса 10/700 мкс (5/320 мкс) с помощью генератора выбросов 1,2/50 мкс. При этом амплитуда импульса 1,2/50 мкс (8/20 мкс) должна быть в $N_{\text{норм}} = 3{,}74$ раз больше, чем у импульса 10/700 мкс (5/320 мкс). При этом согласно графику на рисунке 2 существуют ограничения на применения в низкочастотной области (до 590 Гц).

Список литературы

1 **Бочков, К. А.** Теория и методы контроля электромагнитной совместимости микроэлектронных систем обеспечения безопасности движения поездов : дис. … д-ра техн. наук. 05.22.08 / Московский ин-т инженеров трансп. – М., 1993. – 379 с.

2 **Бортновский, А. А.** Теория передачи сигналов : лабораторный практикум. В 3 ч. Ч. 1 / А. А. Бортновский, И. О. Жигалин. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 38 с.

3 ГОСТ IEC 61000-4-5–2017. Электромагнитная совместимость (ЭМС). Ч. 4–5. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к выбросу напряжения. – М. : Стандартинформ, 2018. – 66 с.

УДК 656.25

КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ АСИММЕТРИИ ТЯГОВОГО ТОКА В РЕЛЬСАХ ПОД КАТУШКАМИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

В. И. ШАМАНОВ, Д. В. ДЕНЕЖКИН
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Одной из основных причин возникновения сбоев в работе автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) является действие повышенной асимметрии тягового тока в рельсах под приемными локомотивными катушками. В результате интенсивность таких сбоев при электротяге переменного тока больше в 30–50 раз [1], а на участках с электротягой постоянного тока больше в 20–30 раз по сравнению с участками с автономной тягой [2].

Найти величину асимметрии тягового тока можно расчетным путём [3]. Такие расчёты относительно сложны, однако использование для их проведения ЭЦИМ снимает эти затруднения [4]. Но проведение расчётов эксплуатационным штатом не всегда возможно.

Асимметрии тягового тока под приёмными локомотивными катушками АЛС зависит от многих факторов и может значительно изменяться при движении поезда [1]. Наиболее точными являются измерения рассматриваемой асимметрии на локомотиве. Однако они относительно сложны, прежде всего, организационно. Поэтому для выяснения причин интенсивности сбоев на конкретном участке пути важна разработка более простых наземных измерений, обеспечивающих получение информации об асимметрии тягового тока под катушками АЛС в конкретной точке пути с достаточной для практических целей точностью.

Решение этой задачи даёт возможность разработать косвенный способ измерения [5]. При проведении измерений на рельсовые нити РН1 и РН2 накладывают нормативный шунт с величиной сопротивления $R_{Ш}$ = 0,06 Ом (рисунок 1, *а*). Тяговые токи $\dot{I}'_{Т1}$ и $\dot{I}'_{Т2}$ в рельсах, текущие к месту установки шунта, выравниваются за счет протекания тока $\dot{I}_{Ш}$ через данный шунт, имитирующий колёсные пары поезда.

а) *б*)

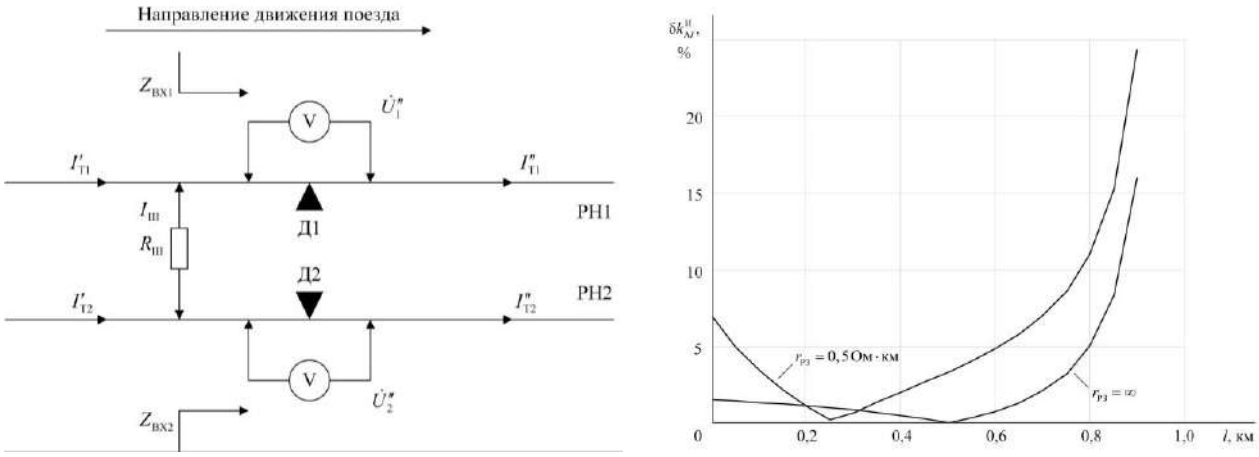


Рисунок 1 – Схема установки нормативного шунта и измерительных приборах (*а*), а также погрешности измерений косвенным способом асимметрии тягового тока под катушками АЛС (*б*)

За местом наложения шунта по ходу поезда устанавливают бесконтактные измерительные датчики Д1 и Д2, напряжения на выходе которых $\dot{U}''_1$ и $\dot{U}''_2$ пропорциональны соответственно тяговым токам $\dot{I}''_{Т1}$ и $\dot{I}''_{Т2}$, растекающимся по рельсовым нитям от точки измерения обратно пропорционально их входным сопротивлениям $Z_{ВХ1}$ и $Z_{ВХ2}$. Следовательно, наложение нормативного шунта имитирует распределение тягового тока в рельсах, аналогичное такому распределению под приемными локомотивными катушками АЛС на движущемся поезде.

Погрешность таких измерений соотношения тяговых токов в рельсах под катушками АЛС можно найти сравнением найденных предложенным способом величин коэффициентов асимметрии тягового тока в рельсах с реальными их величинами в таких же условиях эксплуатации.

На рисунке 1, *б* приведены результаты расчётов распределения по длине рельсовой цепи (РЦ) относительной погрешности измерений косвенным способом коэффициентов асимметрии тягового тока под катушками АЛС. Погрешность вычислялась в процентах с использованием [3, 4] по формуле $\delta k^{И}_{АI} = (k^{И}_{АI} - k_{АI}) / k_{АI}$, где $k_{АI}$ – коэффициент асимметрии переменного тягового тока под катушками АЛС для реального процесса его растекания перед электровозом и $k^{И}_{АI}$ – этот коэффициент, найденный по результатам косвенных измерений.

При расчетах значения параметров РЦ были взяты следующими: величина переменного тягового тока в рельсах 300 А, длина РЦ 1,0 км, удельные продольные сопротивления первой и второй рельсовых нитей соответственно $0,4e^{j70^{\circ}}$ и $0,5e^{j70^{\circ}}$ Ом/км. Анализ проводился при максимальном

удельном сопротивлении рельсов по отношению к земле $r_{РЗ}$, близким к бесконечности, и при минимальном удельном сопротивлении величиной 0,5 Ом·км.

Анализ погрешностей измерения асимметрии переменного тягового тока под приемными локомотивными катушками АЛС предложенным способом показал следующее. Если утечка тягового тока из рельсов в землю мала, то при движении головного электровоза по первой половине РЦ погрешность измерения находится в пределах 1–2 %, уменьшаясь практически до нуля в её середине. По мере дальнейшего движения электровоза на расстояние больше 200 м от середины РЦ погрешность начинает превышать 5 %, а в конце РЦ погрешность может достигать 15 %.

С увеличением утечки тягового тока из рельсов землю погрешность измерения растет. В начале РЦ она не превышает 5–7 %, уменьшаясь до нуля на расстоянии четверти длины от начала РЦ. Затем погрешность измерения начинает увеличиваться и на выходном конце РЦ может достигать 25 % при минимальном сопротивлении рельсов по отношению к земле. Однако этот недостаток предложенного способа измерений не перечёркивает его достоинства. При невысоком значении сопротивления изоляции рельсовых нитей по отношению к земле существенно растут уровень сигнального тока АЛС под локомотивными приемными катушками и соотношение «сигнал/помеха» по мере приближения головного электровоза к выходному концу РЦ. Поэтому такое ухудшение точности предложенного способа измерений для практики не критично.

Следовательно, предложенный косвенный способ обеспечивает вполне удовлетворительную для практических целей точность измерения тяговых токов под приемными локомотивными катушками АЛС, обеспечивая возможность эксплуатационному штату оперативно оценивать электромагнитную обстановку для РЦ и АЛС на участке, где фиксируется рост интенсивности сбоев в работе этой аппаратуры.

Список литературы

1 **Shamanov, V.** Formation of Interference from Power Circuits to Apparatus of Automation and Remote Control / V. Shamanov // Proceedings of 16th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS`2018), Kazan, Russia, September 14–17, 2018. – P. 140–146.

2 Непрерывная оценка состояния обратной тяговой сети в условиях организации тяжеловесного движения / С. А. Лунев [и др.] // Известия ТрансСиба . – 2017. – № 1. – С. 2–9.

3 **Шаманов, В. И.** Расчеты помех от тягового тока в неоднородных рельсовых линиях / В. И. Шаманов // Автоматика на транспорте. – 2020. – Т. 6, № 3. – С. 241–267.

4 **Денежкин, Д. В.** Программа для расчета помех от тягового тока в неоднородных рельсовых линиях: свидетельство РФ 2021661104 о государственной регистрации программы для ЭВМ; заявитель и правообладатель РУТ (МИИТ); заявл. 25.06.21; опубл. 06.07.21.

5 **Шаманов, В. И.** Способ измерения асимметрии переменного тягового тока в рельсовых линиях под катушками АЛС: патент РФ 2529566; заявл. 01.02.2013; опубл. 27.09.2014, Бюл. № 27.

4 ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 504.064.4

ХАРАКТЕРИСТИКА ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ В ОРГАНИЗАЦИЯХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

М. В. АНДРЕЙЧИКОВ, О. В. ГОРБАЧЕВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух могут быть мобильными и стационарными. Основное вредное воздействие на атмосферный воздух за счет высокого уровня потребления моторного топлива оказывают мобильные источники. Вследствие наиболее значительного вклада в потребление топлива (около 75 %), доля выбросов от автотранспорта составляет 71,9 % в общей сумме выбросов от мобильных источников, доля выбросов при этом железнодорожного транспорта незначительна и составляет всего 0,6 %.

Структурные подразделения Белорусской железной дороги специализируются на эксплуатации, текущем ремонте и техническом обслуживании подвижного состава, пути, зданий и сооружений. Большинство организаций Белорусской железной дороги (дистанции пути, гражданских сооружений, строительно-монтажные поезда, вагонные участки, оборотные локомотивные депо, автобазы и т. п.) оказывают незначительное вредное воздействие на атмосферу и относятся к природопользователям четвертой, пятой категориям опасности по существующей классификации, принятой Минприроды. Наиболее крупные организации (основные локомотивные и вагонные депо) относятся к третьей категориям опасности по указанной классификации. Более низкая категория опасности железнодорожных организаций (вторая или первая) может достигаться в случаях, когда источники выброса создают в жилом массиве концентрации вредных веществ, превышающие ПДК без учета фонового загрязнения.

По данным информационного письма Белорусской железной дороги доля платы за выбросы от стационарных источников является среди других платежей за использование природных ресурсов весьма существенной. Его доля в 4–8 раз выше, чем плата за сброс сточных вод, но в 2–4 раза ниже в сравнении с платой за обращение с отходами.

Следует отметить, что в общих затратах на охрану окружающей среды организациями Белорусской железной дороги затраты на защиту воздушного бассейна не так значительны – менее 15 %. Это согласуется с данными об экологичности железнодорожного транспорта среди других видов транспорта и соответствует невысокой категории опасности большинства организаций Белорусской железной дороги.

Вследствие более высоких параметров по экологичности выброса при работе новых силовых установок на новых и модернизированных видах подвижного состава, мероприятия по обновлению подвижного состава во многом можно отнести к мероприятиям по защите воздушного бассейна. За исключением данного направления по защите воздушного бассейна, как наиболее затратного, в разы превышающего все остальные мероприятия вместе взятые, наиболее затратными видами являются мероприятия по замене и модернизации котельного и отопительного оборудования.

Стационарные источники загрязнения атмосферы (ИЗА) железнодорожных организаций в основном классифицируются как наземные (высота устья $H < 2$ м) и низкие (H = от 2 до 10 м) источники. Исключение составляют дымовые трубы котельных, ИЗА экипировочного хозяйства (пневмотранспорт пескоснабжения локомотивов, дыхательные клапаны резервуаров хранения нефтепродуктов), крышные вентиляторы и дефлекторы общеобменной вентиляции зданий с высотой устья более 10 м.

Большая доля ИЗА железнодорожных организаций относится к неорганизованным источникам: посты электросварки и газовой резки металлов на открытом воздухе, моечные машины и ванны, позиции окраски и сушки подвижного состава, позиции экипировки локомотивов песком, очистные сооружения.

Значительная часть стационарных ИЗА относится к источникам, для которых затруднен или невозможен инструментальный метод определения и контроля выброса вредных веществ в атмосферу. Кроме названных выше неорганизованных источников, это дыхательные клапаны резервуаров хранения нефтепродуктов, крышные вентиляторы и дефлекторы общеобменной вентиляции зданий, пневмотранспорт системы пескоснабжения.

Основными источниками валового выделения загрязняющих веществ (ЗВ) являются: котельные, позиции очистки, окраски узлов, деталей и подвижного состава, склады насыпных материалов, пункты реостатных испытаний, сварочные и наплавочные посты, посты газорезки, кузнечные горны, печи и пневмотранспорт пескосушилок, резервуары хранения нефтепродуктов, стенды испытания топливной аппаратуры, деревообрабатывающие станки, машины химической чистки.

Температура выбрасываемой газовоздушной смеси (ГВС) для большинства стационарных ИЗА колеблется от минус 20 °С (в зимний период) до 20–30 °С (при положительной температуре окружающей среды в весенне-летний период). Исключение составляют трубы котельных и другие ИЗА тепловых установок, у которых температура выбрасываемой газовоздушной смеси составляет от 80 до 300 °С.

Загрязняющими веществами, оказывающими существенное влияние на загрязнение воздушного бассейна, являются: серы диоксид; летучие органические соединения (ЛОС); азота оксиды (в пересчете на диоксид азота); углерода оксид; твердые частицы; прочие вещества. С учетом токсичности перечисленных примесей наибольшую опасность представляют выбросы диоксида серы, азота диоксида и твердых частиц. От неорганизованных источников в атмосферу выделяются в основном твердые частицы и ЛОС.

Более детальный анализ состава выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух организациями Белорусской железной дороги показывает, что твердые вещества включают в основном пыль неорганическую с содержанием SiO_2 < 70 %, железо (II) оксид, углерод черный (сажа), пыль древесную, мазутную золу теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий), твердые частицы суммарно (в сумме – более 97 %). На долю тяжелых металлов (в основном никель оксид) приходится 0,18 % соответственно.

Состав ЛОС, выбрасываемых в атмосферу, характеризуется преобладанием в выбросах ксилолов (код 0616), предельных углеводородов ряда C_1–C_{10} (код 0410), углеводородов ароматических – производных бензола (код 0655), углеводородов алициклических (нафтенов) (код 0551). Перечисленные примеси (за исключением углеводородов ароматических – производных бензола, второй класс) не являются высокотоксичными, поскольку относятся к третьему или четвертому классам опасности.

Из общего количества выделяющихся загрязняющих веществ на газоочистные установки и установки очистки, расположенные внутри производственных помещений, поступают и улавливаются в основном примеси, содержащие твердые компоненты: сварочный аэрозоль, пыль древесная, пыль от механической обработки неметаллических материалов, пыль неорганическая с сод. SiO_2 < 70 %, аэрозоли медницких работ и работ по пайке. Из-за высокой стоимости установки и эксплуатации оборудования, улавливающего газообразные компоненты, данное оборудование не нашло широкого применения в организациях Белорусской железной дороги. Средняя эффективность газоочистных установок в организациях Белорусской железной дороги составляет около 80–85 %.

Как правило, обеспеченность источников загрязнения атмосферы газоочистными установками невысокая и составляет около 1,5 % от общего количества ИЗА. Стоимость установок по улавливанию загрязняющих веществ (в том числе газоочистных установок) составляет около 20 % от общей стоимости всех очистных сооружений и основных средств по обезвреживанию и использованию отходов. Ежегодные затраты на капитальный ремонт установок по очистке составляют около 3 % всех затрат на капремонт основных средств, предназначенных для охраны окружающей среды.

Химические превращения выбрасываемых веществ, как правило, отсутствуют. Исключение составляет оксид азота (выбросы от топливосжигающих установок, постов сварки, резки и наплавки металлов), около 80 % которого в атмосфере окисляется до диоксида азота.

На организациях Белорусской железной дороги вероятность аварийных выбросов низкая. Как правило, залповые выбросы отсутствуют.

Среди выбрасываемых примесей часто присутствуют группы веществ, обладающих эффектом суммирования вредного действия. Наиболее распространено сочетание следующих ингредиентов:

– 6005 – аммиак (0303), формальдегид (1325);

– 6009 – азота диоксид (0301), серы диоксид (0330);

– 6017 – диВанадий пентоксид (0110), марганец и его соединения (0143);

– 6018 – диВанадий пентоксид (0110), серы диоксид (0330);

– 6019 – диВанадий пентоксид (0110), хрома трехвалентные соединения (в пересчете на Cr 3+) (0228);

– 6030 – мышьяк, неорганические соединения (0325) и свинец, неорганические соединения (0184);

– 6034 – свинца оксид (0184), серы диоксид (0330);

– 6039 – серы диоксид (0330), фтористые газообразные соединения (0342);

– 6040 – серы диоксид (0330), азота диоксид (0301), аммиак (0303), азота оксид (0304);

– 6046 – углерода оксид (0337) и пыль цементного производства (2908).

На основании приведенных данных, следует отметить, что в основном железнодорожные организации Белорусской железной дороги характеризуются как объекты с незначительным вредным воздействием на атмосферный воздух. Выбрасываемые вещества либо относятся к третьему-четвертому классам опасности, либо имеют малую интенсивность и продолжительность поступления в атмосферу. Следовательно, в железнодорожных организациях не находят применения сложные и дорогостоящие средства очистки газов.

Вместе с тем в ряде случаев имеют место быть источники выделения с существенными значениями как мощности выброса, так и валовых выбросов. Особое внимание следует уделить складам насыпных материалов и площадкам перегрузки сыпучих грузов дистанций погрузочно-разгрузочных работ (логистических центров переработки грузов). В процессе своей деятельности такие организации с высокой производительностью осуществляют переработку широкой номенклатуры различных сыпучих грузов, в результате чего происходят существенные выделения в атмосферный воздух пылящих продуктов переработки. Особенностью таких организаций на Белорусской железной дороге является частое их расположение в непосредственной близости от жилых массивов. За последнее время, объем и номенклатура грузов для переработки существенно возросли. Возникает необходимость объективной оценки воздействия на окружающую среду в прилегающих к производственным площадкам территориям жилых массивов и производственной застройки. Для объективной оценки воздействия требуется объективно произвести расчет максимальных и валовых выбросов различных видов пылей, выделяющихся при переработке грузов. Существующие методики расчета основаны на методологии 80-х годов XX века и не отражают в полной мере существующую на сегодняшний день ситуацию. Допустить применение расчетных методик целесообразно только при невысокой производительности выполняемых работ, когда объем или условия пыления не оставляют возможности инструментального определения мощности выброса. При высокой производительности работ объективную возможность оценки уровня загрязнений предоставляет только способ, основанный на инструментальном определении параметров выбросов.

УДК 504.064.4

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО КОДЕКСА ТКП 17.08-12-2008 «ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ. АТМОСФЕРА. ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ. ПРАВИЛА РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»

М. В. АНДРЕЙЧИКОВ, О. В. ГОРБАЧЕВА, О. Н. ГОРЕЛАЯ
Белорусский государственный университет транспорта

В 2008 году научно-исследовательским центром «Экологическая безопасность и энергосбережение на транспорте» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» разработан технический кодекс установившейся практики ТКП 17.08-12-2008 «Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов предприятий железнодорожного транспорта». Данный ТКП устанавливает правила расчета максимальных и валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при работе

специализированного оборудования железнодорожных организаций расчетным методом на основе удельных показателей выделений загрязняющих веществ в единицу времени на единицу технологического оборудования и (или) на единицу массы расходуемых сырья и материалов.

Положения настоящего технического кодекса распространяются на источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от технологических процессов железнодорожных организаций, а также источники выбросов от аналогичных процессов других отраслей промышленности и сельского хозяйства.

Требования настоящего технического кодекса применяют при расчете величин выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, которые используются:

– при инвентаризации и нормировании выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

– аналитическом контроле в области охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов, за соблюдением установленных нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

– оценке воздействия на окружающую среду, стратегической экологической оценке и проведении государственной экологической экспертизы;

– исчислении и уплате экологического налога за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

– разработке проектной документации на строительство, реконструкцию, расширение, техническое перевооружение, модернизацию, изменение профиля производства, ликвидацию объектов и комплексов;

– установлении разрешенных (лимитируемых) объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

– ведении учета в области охраны атмосферного воздуха;

– ведении отчетности о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

– иных мероприятиях по охране атмосферного воздуха, предусмотренных законодательством Республики Беларусь.

Актуальность указанного ТКП в настоящее время не подлежит сомнению, однако за время, прошедшее с момента разработки и утверждения документа, в природоохранном законодательстве Республики Беларусь произошел ряд существенных изменений, которые напрямую влияют на возможность применения ТКП в существующей редакции. Так, учитывая тенденции к стремлению максимально внедрять Европейский подход к экологическому нормированию, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь разработало новые нормативные документы в области требований экологической безопасности (ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности и ЭкоНиП 17.08.06-002-2018 Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух (в том числе озоновый слой). Правила эксплуатации газоочистных установок), в области экономической оценки природоохранных мероприятий (ЭкоНиП 17.01.06-002-2019 Охрана окружающей среды и природопользование. Экономическая оценка внедрения природоохранных мероприятий), новые редакции постановлений, регулирующих разработку природоохранной документации по атмосферному воздуху (постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 23.06.2009 № 42 (редакция от 09 сентября 2019 г.) «Об утверждении Инструкции о порядке инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух» и постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 23.06.2009 № 43 (редакция от 10 сентября 2019 г.) «Об утверждении Инструкции о порядке установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух»).

Следует также отметить, что в организациях Белорусской железной дороги в настоящее время внедряются современные технологии, применяется новое и модернизированное оборудование, сырье, материалы. Внедряются современные типы газоочистного оборудования на технологических участках со значительным выделением в атмосферный воздух аэрозолей, мелкодисперсных пылей и газообразных загрязняющих веществ (стационарные и передвижные рукавные фильтры сухой очистки, высокоэффективные комбинированные установки циклонного и фильтрующего принципа действия для улавливания твердых частиц в воздухе производственных помещений и др.). Проводятся работы по широкому использованию вторичных ресурсов, местных видов топлива. Новые марки подвижного состава с высокотехнологичными и высокоэкологичными силовыми установками все шире находят распространение в организациях Белорусской железной дороги. Программа электрификации наиболее загруженных железнодорожных участков позволяет отказаться от уста-

ревших и менее экологичных единиц подвижного состава, внедрить современные технологии как перевозочного процесса, так и технического обслуживания и ремонта локомотивов, вагонов, моторвагонного подвижного состава.

Существующий в настоящее время уровень оснащения испытательных лабораторий, новые методы лабораторных аналитических исследований, отбора и транспортировки проб, газоаналитического экспресс-контроля позволяют в достаточной степени уточнить и при необходимости пересмотреть результаты исследований, на основе которых были получены величины удельных показателей выделения загрязняющих веществ от технологических процессов, связанных с железнодорожной спецификой.

Следовательно, в настоящее время требуется провести работу по актуализации норм и положений ТКП 17.08-12-2008 в соответствии с существующей ситуацией на Белорусской железной дороге, с действующей нормативно-правовой базой в области природоохранного законодательства Республики Беларусь, с существующим уровнем методического, материально-технического и лабораторного обеспечения испытательных лабораторий. Данная актуализация позволит улучшить точность экологического нормирования и оценку фактического эффекта реализуемых в железнодорожных организациях природоохранных мероприятий.

УДК 504.064.4

ИССЛЕДОВАНИЕ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ДАННЫХ ПО ВЫБРОСАМ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗАЦИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

М. В. АНДРЕЙЧИКОВ, О. В. ГОРБАЧЕВА, О. Н. ГОРЕЛАЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В основе получения релевантных значений нормативов допустимых выбросов в атмосферный воздух лежит использование специализированных методов определения объема загрязняющих веществ от источников выбросов организации. Порядок определения может быть основан на применении расчетного и расчетно-инструментального подходов.

В Республике Беларусь разработан целый комплекс природоохранных документов, выполненных в виде экологических норм и правил (ЭкоНиП) и технических кодексов установившейся практики (ТКП), которые устанавливают порядок определения объема выбросов ЗВ в атмосферный воздух от отдельных отраслей экономики или технологических процессов.

В большинстве ТКП, которые применяются при инвентаризации выбросов от железнодорожного транспорта, реализован расчетный метод определения выбросов. Например, ТКП 17.08-02-2006 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов при сварке, резке, механической обработке металлов. ТКП 17.08-01-2006 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью до 25 МВт. ТКП 17.08-12-2008 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов предприятий железнодорожного транспорта.

В отдельных ТКП принят расчетно-инструментальный метод инвентаризации выбросов для организованных источников, которые отличаются непрерывным значительным выбросом загрязняющих веществ, однако источник не может быть локально сформирован вентиляционной системой: аппаратные дворы, технологические площадки, горизонтальные поверхности очистных сооружений и т. п. Например, такой подход реализован в ТКП 17.08-16-2011 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Порядок определения выбросов от объектов предприятий нефтехимической отрасли.

Анализ природоохранной документации для инвентаризации выбросов в атмосферу в Республике Беларусь, Российской Федерации, Европейском союзе, Украине, Армении, Грузии, Азербай-

джане, Молдове показал значительные различия в методической оснащенности на национальном уровне. В Азербайджане, Армении, Украине отсутствует национальный перечень методов оценки выбросов ЗВ в атмосферный воздух.

В Грузии отсутствует механизм выдачи разрешения на выбросы ЗВ в атмосферный воздух. Реализуется только механизм самоконтроля и предоставления данных в Министерство окружающей среды и сельского хозяйства. Методология расчета выбросов ЗВ в атмосферный воздух в Республике Молдова основана на российских ТНПА, которые используются на основе разрешения Департамента стандартов.

В Российской Федерации реализуется исключительно расчетный метод определения объема выбросов в атмосферу от источников железнодорожного транспорта. В соответствие с современным перечнем методик контроля выбросов, утвержденным ведущим научным учреждением в сфере исследования атмосферного воздуха АО «Научно-исследовательский институт «Атмосфера», к применению рекомендованы только разделы 1, 4, 5.2, 5.13, 6–8 Методики проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в организациях железнодорожного транспорта. Разделы посвящены рельсосварочным организациям, сборочно-разборочным участкам, участкам обкатки двигателей после ремонта, шпалопропиточным организациям, местам отстоя локомотивных и вагонных депо.

Для инвентаризации выбросов от иных технологических процессов, таких как деревообработка, металлообработка, сварка, нанесение лакокрасочных покрытий, нанесение покрытий гальваническим методом, сжигании топлива в котлах различной производительности, стационарных дизельных установок, применяются методики, разработанные организациями различных сфер экономики и регионального подчинения. Их применение не охватывает всей специфики технологических процессов железнодорожного транспорта, а по идентичным процессам может применяться при условии предварительного детального сопоставления. Утвержденные методики для контроля выбросов и их инвентаризации в значительной мере устарели (разработаны более 15 лет назад).

В Европейском союзе основополагающим документом, определяющим основные положения по регулированию процессов обращения с загрязнителями и предупреждению загрязнения воды, воздуха, почвы, образования отходов, предотвращению шумового загрязнения является Directive 2010/75/EU. Для развития положений Директивы в части контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух Европейским агентством по защите окружающей среды (European Environment Agency) разработан общеевропейский сборник методов, охватывающий различные технологические процессы и типы производств. В части железнодорожного транспорта раздел 1.A.3.c основывается на расчетном методе оценки выбросов от тяговых локомотивов (Line-haul locomotives), маневровых (Shunting locomotives) и спецподвижного состава (Railcars). В основе определения лежит учет вида топлива, объема его потребления и коэффициента эмиссии. Выброс рассчитывается как произведение объема потребленного топлива на коэффициент эмиссии для целого ряда веществ.

Прочие технологические процессы и производства, применяемые на железнодорожном транспорте, могут быть рассчитаны по методикам, применяемым в других сферах экономики. Однако на целый ряд специфических технологических процессов методы определения объемов выбросов не разработаны: испытания топливной аппаратуры, реостатные и обкаточные испытания, пропитка и сушка шпал, очистка цистерн от нефтепродуктов (пропарка), очистка подвижного состава, узлов и деталей, зарядка и ремонт аккумуляторных батарей, ремонт рельсов и другие процессы.

Отличительной особенностью Европейского подхода при количественной оценке выбросов в атмосферный воздух является использование фактора шума и запаха при реализации технологических процессов. Выполнение инструментальных измерений возможно только при исполнении особых условий государственной экспертизы при принятии решения о выдаче разрешения.

Таким образом, при системной оценке методических подходов, реализуемых в России, Европейском союзе, странах СНГ и Беларуси, наиболее детальный подход для оценки объемов выбросов в атмосферный воздух с учетом специфики технологических процессов железнодорожной отрасли реализован в Республике Беларусь. Для повышения точности определяемого объема выбросов с учетом изменения и ужесточения природоохранного законодательства применяемые в Беларуси методические подходы также требуют значительной корректировки в части переориентации отдельных методик с расчетных на расчетно-инструментальные, а также внедрения новых методических подходов.

УДК 621.314.2:004.032.2

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПУТЕМ АНАЛИЗА ДАННЫХ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ

В. О. БЕЛЬКИН, Л. В. САМУСЕВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Неотъемлемым элементом при централизованном электроснабжении является трансформатор. Выход из строя силового трансформатора может привести к созданию аварийных ситуаций, перебоям электроснабжения, массовому недоотпуску продукции. Поэтому контроль состояния трансформатора является важной задачей.

Основной целью технической диагностики являются в первую очередь распознавание состояния технической системы в условиях ограниченной информации и, как следствие, повышение надежности и оценка остаточного ресурса оборудования.

В связи с этим данная статья посвящена диагностике различных состояний трансформатора и их классификации с помощью нейронной сети.

Неисправности, исследуемые в данной работе: межвитковые замыкания; местное замыкание пластин стали (пожар в стали); наличие примесей в трансформаторном масле.

В ходе эксперимента были получены следующие результаты (рисунки 1–3):

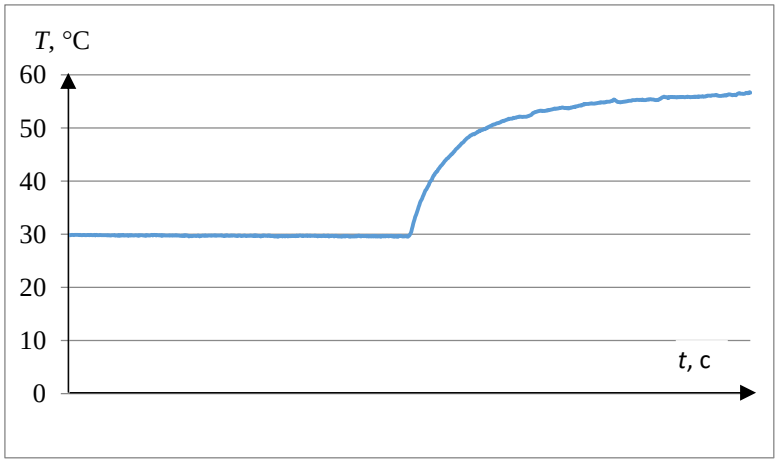


Рисунок 1 – График зависимости температуры при МКЗ

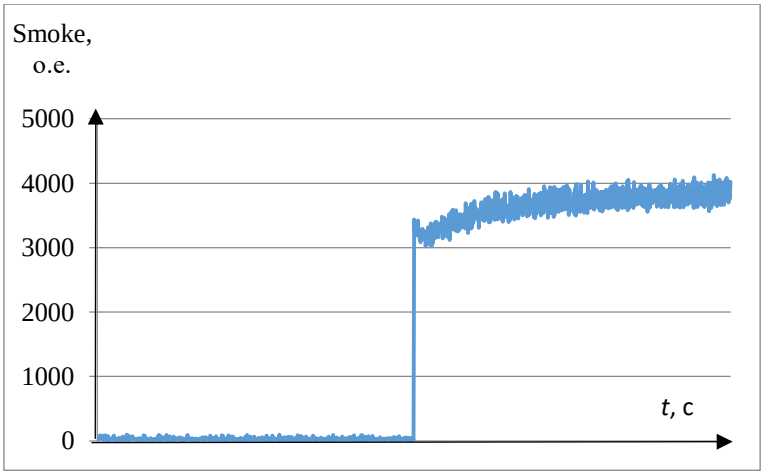


Рисунок 2 – График зависимости концентрации дыма при МКЗ

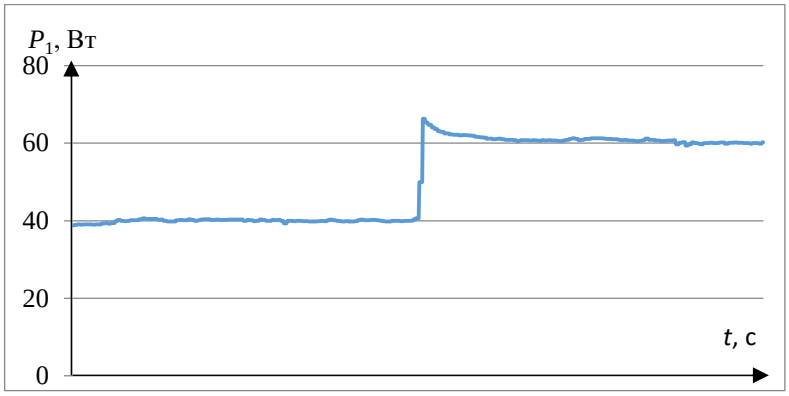


Рисунок 3 – График зависимости активной мощности при МКЗ

Для классификации неисправностей используется сверточная нейронная сеть, которая в режиме реального времени анализирует информацию, не выводя трансформатор из работы, что предоставляет дополнительные возможности в обеспечении низкого уровня безаварийности и соблюдения режимов бесперебойного электроснабжения. При этом затраты на внедрение данной технологии нейромоделирования относительно невелики (например, применение одноплатных компьютеров), а эффективность от применения будет существенной.

```
Training on single CPU.
Initializing input data normalization.
|=========================================================================================|
|  Epoch  |  Iteration  |  Time Elapsed  |  Mini-batch  |  Mini-batch  |  Base Learning  |
|         |             |   (hh:mm:ss)   |   Accuracy   |     Loss     |      Rate       |
|=========================================================================================|
|       1 |           1 |       00:00:00 |       38.28% |       1.0837 |          0.0100 |
|       9 |          50 |       00:00:19 |      100.00% |       0.0054 |          0.0100 |
|      17 |         100 |       00:00:38 |      100.00% |       0.0027 |          0.0100 |
|      25 |         150 |       00:00:58 |      100.00% |       0.0009 |          0.0100 |
|      30 |         180 |       00:01:09 |      100.00% |       0.0008 |          0.0100 |
|=========================================================================================|
```

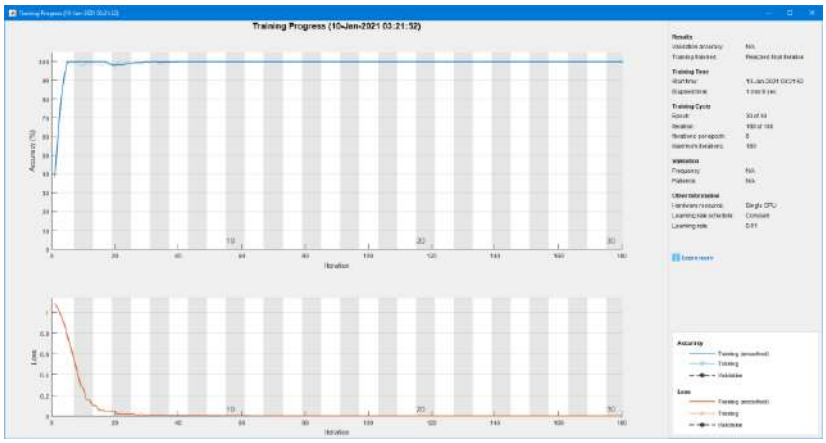


Рисунок 4 – Результат применения сверточной нейронной сети

Практическая значимость заключается в снижении неплановых отказов и заблаговременном предупреждении о развитии повреждения.

Необходимо также отметить, что практически все существующие измерения дефектов требуют отключения трансформаторов, что представляется более затратным и менее оперативным. Поэтому применение датчиков, соответствующих параметрам трансформатора для нейромодели позволит анализировать данные без отключения и указывать на ранней стадии наличие повреждений. Это снизит количество неплановых отказов, позволит оперативно принять меры для устранения повреждения и укажет на конкретный вид дефекта.

Важное значение в исследовательской работе занимает математическая модель трансформатора, построенная на основе Т-образной схемы замещения. В этом заключается научная новизна данной работы, так как математическая модель позволит обучать нейронную сеть и применять этот метод диагностики к абсолютно любому трансформатору.

УДК 620.92

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ СТРУКТУРЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ОРГАНИЗАЦИЯХ МИНТРАНСА И РАЗРАБОТКЕ ОТРАСЛЕВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

И. П. ГОНЧАРОВ, С. В. ЕРМОЛЕНКО, С. В. ЛЯХОВ
Белорусский научно-исследовательский институт транспорта (БелНИИТ «Транстехника»), г. Минск

Введение. Конкурентоспособность транспортных услуг невозможно обеспечить без рационального использования ресурсов. В этой связи, а также во исполнение требований Директивы Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства» Правительством поставлена задача по созданию системы, обеспечивающей экономию материальных и топливно-энергетических ресурсов.

Эффективное и рациональное использование ТЭР (топливно-энергетические ресурсы) является одной из важнейших задач по повышению энергетической безопасности, стоящей перед транспортным сектором национальной экономики на период 2021–2025 годы. Рост цен на энергоносители, усиление конкуренции на мировых рынках в транспортной отрасли ставят вопросы энергосбережения еще более остро.

Основными мерами по повышению энергоэффективности транспортного сектора являются реализация комплекса мероприятий по энергосбережению, в том числе в рамках мероприятий по увеличению доли потребления электрической энергии в суммарном потреблении ТЭР в связи с вводом в действие Белорусской атомной станции, мероприятий по строительству энергоисточников на местных видах топлива, внедрение системы энергоменеджмента и ежегодное снижение удельных расходов ТЭР на перевозочный процесс, включая производство тепловой и электрической энергии.

В складывающейся экономической ситуации необходима активизация работы по реализации государственной политики по повышению энергетической эффективности транспортного комплекса, предусматривающую жесткую экономию ТЭР, в том числе тепловой и электрической энергии, снижение затрат на перевозочный процесс.

Нормативно-правовые акты Республики Беларусь по обеспечению энергосбережения

Обеспечение энергосбережения осуществляется на основании следующих НПА:

– Директива Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства», где определен комплекс мер по созданию целостной системы по экономии всех видов ресурсов, эффективности использования топлива, энергии, сырья, материалов и оборудования;

– Государственная программа «Транспортный комплекс» на 2021–2025 годы в части исследования структуры потребления ТЭР и энергосбережения в организациях Минтранса;

– Указ Президента Республики Беларусь от 7 мая 2020 года № 156 «О приоритетных направлениях научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы» (энергетическая эффективность, энергосбережение);

– Государственная программа «Энергосбережение» на 2021–2025 годы, утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24 февраля 2021 года № 103;

– Основные положения программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы (устойчивая энергетика и энергоэффективность);

– Закон Республики Беларусь от 8 января 2015 г. № 239-З «Об энергосбережении».

Госпрограммой «Энергосбережение» Министерству транспорта и коммуникаций Республики Беларусь (далее – Минтранс) на 2021 год установлены показатели:

– задание по экономии ТЭР в объеме 10,0 тыс. т у.т. (далее – тонна условного топлива);

– целевой показатель энергосбережения – минус 4,8 %;

– целевой показатель по экономии СНП (светлые нефтепродукты) – 4,2 %;

– целевой показатель по доле местных ТЭР в КПТ (котельно-печное топливо) – 15,3 %, в том числе показатель по доле ВИЭ (возобновляемые источники энергии) в КПТ – 12,3 %.

Этапы проведения исследования структуры энергопотребления и планов энергосбережения.

С целью выполнения поставленной задачи по энергосбережению организаций Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь необходимо постоянно проводить мониторинг и анализ хода выполнения задания по экономии ТЭР по четырем направлениям: организационно-технические мероприятия по экономии ТЭР; мероприятия по экономии светлых нефтепродуктов; мероприятия по увеличению использования местных ТЭР, вторичных и возобновляемых ресурсов; мероприятия по увеличению использования электроэнергии в связи с вводом в эксплуатацию Белорусской АЭС.

Исследование, проводимое БелНИИТ «Транстехника», направлено на оценку уровня энергосбережения и оптимизацию структуры потребления топливно-энергетических ресурсов и складывается из этапов:

– ежеквартальное исследование факторов, влияющих на потребление топливно-энергетических ресурсов организациями Минтранса;

– ежеквартальное исследование изменения показателя по энергосбережению организаций Минтранса;

– ежеквартальное исследование изменения доли использования местных топливно-энергетических ресурсов в котельно-печном топливе организациями Минтранса;

– ежеквартальное исследование изменения доли использования возобновляемых источников энергии в котельно-печном топливе организациями Минтранса;

– ежеквартальное исследование структуры потребления топливно-энергетических ресурсов в организациях Минтранса;

– ежеквартальный анализ выполнения ежегодного Плана мер по реализации основных направлений энергосбережения организаций Минтранса;

– ежеквартальный анализ выполнения ежегодного Плана деятельности по экономии светлых нефтепродуктов организаций Минтранса;

– разработка ежегодных Планов деятельности по экономии светлых нефтепродуктов организаций Минтранса;

– разработка ежегодных Планов мер по реализации основных направлений энергосбережения Минтранса для достижения целевых показателей организаций Минтранса;

– подготовка аналитических материалов о ходе подготовки организаций Минтранса к работе в осенне-зимний период.

Заключение. Проводимое исследование направлено на уточнение специфики оценки энергосбережения и повышения энергоэффективности применительно к организациям транспортной отрасли в зависимости от вида их хозяйственной деятельности с обоснованием нормативов энергопотребления, замещения использования углеводородного топлива и увеличением использования местных топливно-энергетических ресурсов.

Советом Министров Республики Беларусь утвержден Комплексный план развития электроэнергетической сферы до 2025 года с учетом ввода Белорусской атомной электростанции (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 1 марта 2016 г. № 169). Реализация мероприятий требует применения новых подходов к увеличению доли потребления электрической энергии в суммарном потреблении ТЭР, при этом общее потребление ТЭР необходимо снижать. Ранее таких задач не ставилось, и в рамках исследований необходимо подготовить рекомендации к внедрению новых технологических процессов, предусматривающих развитие сегмента электропотребления с целью замещения использования углеводородного топлива.

Предполагаемая экономическая эффективность от внедрения разработанных мероприятий, должна достичь по организациям Минтранса следующих значений на 2021–2025 гг.:

1 Снижение энергопотребления – до 4 % в год.

2 Увеличение доли местных ТЭР в КТП – до 15 % в год.

3 Достижение доли ВИЭ в КТП – до 12 % в год.

4 Снижение потребления СНП – до 4 % в год.

5 Организациями Минтранса планируется экономить не менее 10 тыс. т у.т. ежегодно, что составляет экономию не менее 5 млн руб. в год.

УДК 628.34-022.532

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ТРАНСПОРТА

О. Н. ГОРЕЛАЯ, М. В. АНДРЕЙЧИКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время в рамках законодательства Республики Беларусь по охране водных ресурсов предъявляются повышенные требования к сбросам сточных вод в окружающую среду. Особое внимание уделяется примесям, которые не характерны для естественного состояния водных объектов, например, таким как нефтепродукты в составе производственных сточных вод. Характерной сложностью для очистки таких сточных вод являются остаточные концентрации загрязнений, ведь известно, что остаточные загрязнения представлены в виде коллоидных или растворенных нефтепродуктов.

Наиболее применимыми методами очистки нефтесодержащих сточных вод являются физико-химические методы, имеющие целый ряд преимуществ по сравнению с другими классическими подходами. Например, возможность удаления из сточных вод высокотоксичных, биохимически неокисляемых органических загрязнений; достигается более глубокая и стабильная степень очистки; возможность рекуперации различных веществ [1–2]. Наибольшее распространение среди сорбционных материалов, ввиду высокой эффективности, получили активные угли и их производные. Следует отметить, что при выборе сорбционного материала наиболее важными показателями являются сорбционные с характеристиками предполагаемого продукта. Кроме этого, уделяется пристальное внимание способам и количеству циклов регенерации, а также утилизация отработанного материала. Немаловажным критерием является и стоимость их изготовления, а также доступность сырьевой базы.

Использование отходов производства в различных сферах промышленности на сегодняшний день является весьма актуальной темой для разработок отечественных и зарубежных ученых [1–7].

Наибольший интерес представляют сорбционные материалы, для производства которых используются отработанные промышленным комплексом продукты, в том числе и отходы производства. Как правило, с точки зрения ресурсо- и трудозатрат, наиболее экономически выгодными, что в сегодняшних реалиях немаловажно, оказываются отходы наиболее близкого по профилю и территориальной расположенности предприятия. Перспективными должны быть недорогие, биологически безопасные сорбенты, которые в дальнейшем можно перерабатывать. В данной работе рассмотрены отходы станций обезжелезивания. Как известно, подземные воды Республики Беларусь практически повсеместно имеют весьма высокие показатели содержания железа [8]. Создание высокоэффективных технологий использования железосодержащего осадка для очистки нефтесодержащих сточных вод является актуальным направлением для дальнейшего изучения. Как один из вариантов, модернизация схемы очистки сточных вод – замена активированного угля и антрацита модифицированными железосодержащими отходами станций обезжелезивания.

Перспективно в данном направлении получение различных сорбционных материалов. Было предложено использовать отходы железосодержащих осадков промывных вод станций обезжелезивания [9–13] для очистки водных сред от нефтепродуктов.

Для получения наноразмерных материалов различного назначения перспективным в последние годы считается метод экзотермического горения в растворах [8–14]. Основным показателем использования синтезированных сорбентов в водных средах, загрязненных нефтепродуктами, является поглощающая способность данным сорбентом обозначенного загрязнителя – нефтеемкость (НЕ). Результаты исследований показали хорошие результаты: НЕ сорбентов в зависимости от используемого восстановителя варьируется до 7,65 мг/дм^3. При этом рассмотрены и варианты различных доз восстановителя. В данной работе в качестве железосодержащих прекурсоров для синтеза использовались растворы кислотного (азотная кислота) выщелачивания железосодержащих осадков станций обезжелезивания. В качестве восстановителя использовались лимонная кислота, мочевина, глицин и гексаметилентетраамин.

Полученные результаты показали, что использование синтезированных наноматериалов из отходов станций обезжелезивания является перспективным направлением, объединяющим в себе такие положительные стороны, как:

– развитая удельная поверхность сорбента;

– высокая нефтеемкость сорбента;

– простота подготовительных процедур и синтеза наноматериалов;

– наличие магнитных свойств по сравнению с обыкновенными сорбентами позволит извлекать сорбент из водных сред посредством наведенного магнитного поля;

– сокращение негативного антропогенного влияния на окружающую среду;

– низкие энергозатраты;

– легкая масштабируемость.

Список литературы

1 **Стахов, Е. А.** Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов / Е. А. Стахов. – Л. : Недра, 1983. – 263 с.

2 Получение каталитических материалов для водоподготовки и очистки сточных вод из отходов станций обезжелезивания / В. И. Романовский [и др.] // Вода magazine. – 2017. – № 6(118). – С. 12–15.

3 **Romanovski, V.** Agricultural Waste Based-Nanomaterials: Green Technology for Water Purifications / V. Romanovski // Aquananotechnology. Elsevier. – 2021. – P. 567–585.

4 **Романовский, В. И.** Отходы синтетических материалов для очистки нефтесодержащих сточных вод / В. И. Романовский, В. Л. Грузинова // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2018. – № 1. – С. 24–29.

5 **Romanovski, V.** New approach for inert filtering media modification by using precipitates of deironing filters for underground water treatment / V. Romanovski // Environmental Science and Pollution Research. – 2020. – No. 27. – P. 31706–31714.

6 Железосодержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В. И. Романовский // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2019. – С. 24–28.

7 **Романовский, В. И.** Железо-цинк-содержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В. И. Романовский, Д. М. Куличик, М. В. Пилипенко // Водоочистка. – 2019. – № 4(178). – С. 71–77.

8 **Романовский, В. И.** Очистка промывных вод станций обезжелезивания / В. И. Романовский, Н. А. Андреева // Труды БГТУ. – 2012. – № 3. – С. 66–69.

9 **Горелая, О. Н.** Магнитный сорбент из отходов водоподготовки для очистки нефтесодержащих сточных вод / О. Н. Горелая, В. И. Романовский // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2020. – № 2. – С. 61–64.

10 **Горелая, О. Н.** Сорбент для очистки нефтесодержащих сточных вод на основе отходов станций обезжелезивания / О. Н. Горелая, В. И. Романовский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2020. – № 10. – С. 48–54.

11 **Горелая, О. Н.** Магнитный сорбент из отходов водоподготовки для удаления нефтепродуктов из водных сред / Н. Л. Будейко, В. И. Романовский // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. F. Строительство. Прикладные науки. – 2020. – № 16. – С. 52–57.

12 **Лукашевич, О. Д.** Сорбент из железистого шлама для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов / О. Д. Лукашевич, Н. Т. Усова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – Т. 20, № 1. – С. 148–159.

13 **Романовский, В. И.** Магнитные сорбенты для удаления нефтепродуктов из водных сред / В. И. Романовский, О. Н. Горелая, А. А. Хорт // Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и строительного комплексов : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 65-летию БелИИЖТа – БелГУТа. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 215–216.

14 **Горелая, О. Н.** Магнитный сорбент из отходов водоподготовки для очистки нефтесодержащих сточных вод / О. Н. Горелая, В. И. Романовский // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2020. – № 2. – С. 61–64.

УДК 69.058.7

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОДЕРЖАНИЯ И РЕМОНТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ

С. Г. ДОДОЛЕВ, В. М. ОВЧИННИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Под термореновацией зданий будем понимать комплекс ремонтно-строительных работ, направленных на восстановление теплотехнических качеств ограждающих конструкций здания, утраченных в процессе физического износа, до первоначального уровня.

Термомодернизация здания – комплекс строительных работ, направленных на приведение теплотехнических показателей всех ограждающих конструкций и инженерного оборудования к современным требованиям без изменения объемно-планировочного решения здания.

Известно, что тепловая эффективность жилых зданий может быть улучшена за счет повышения нормативных требований к сопротивлению теплопередаче наружных ограждающих конструкций,

ограничения размеров световых проемов и совершенствования конструкций их заполнения (расширение области применения тройного остекления, экранирование оконных проемов, применение теплозащитного стекла), рациональных объемно-планировочных решений зданий, автоматизации центрального местного и индивидуального регулирования теплоподачи системами отопления.

Основные этапы термомодернизации включают в себя:

– ограничение теплопотерь здания: утепление стен, полов, крыш здания, устранение существующих мостиков холода, замена старых окон на более современные;

– модернизация источника тепла: система автоматической погодной регулировки, новые котлы, новые теплообменники;

– модернизация обогревающего оборудования: выполнение предварительных регулировок, установка термостатических вентилей и т. д.;

– ввод индивидуального учета потребления тепла.

Каждый этап требует отдельного и внимательного подхода, применения самого выгодного решения с экономической и технической стороны. Термомодернизация требует применения новейшего отопительного оборудования, применения возобновляемых источников энергии, контроль за количеством потребляемого тепла. Требуется применение новейших технологических решений, более производительного и экологичного оборудования.

При утеплении фасадов и стен здания можно добиться меньших теплопотерь примерно на 35 %, что позволит сохранять тепло в здании более долгий промежуток времени, соответственно это и приведет к меньшим энергозатратам в общем. Также общая температура в здании поднимется на 3–4 градуса зимой, это позволит намного комфортнее чувствовать себя в помещении. Является важным и то, что применение эффективного утеплителя позволяет нам значительно уменьшать массивные конструкции, применяемые в строительстве за счет толщины стен. Согласно требованиям действующих нормативных документов сопротивление теплопередаче наружных стен должно быть не менее 2,2–3,0 $м^2 \cdot °С$. Например, если при таких требованиях выполнять стену из кирпича, то она должна составлять 1,2 м. Разумеется, такую конструкцию нельзя считать оправданной и в первую очередь по экономическим соображениям. Поэтому более выгодно будет создать несущую конструкцию (кирпич, бетон и т. д.), а для достижения необходимого значения сопротивления теплопередаче стен использовать различные современные высокоэффективные теплоизоляционные материалы.

Существует большое количество способов утепления наружных ограждающих конструкций здания. Но не все способы могут удовлетворить техническим нормам проектирования. Рассмотрим основные способы утепления, применяемые на отечественном производстве:

– утепление посредством блоков несъемной опалубки (устройство термодома), применение сэндвич-панелей;

– применение навесных вентилируемых фасадов;

– колодцевая кладка;

– скрепленная система теплоизоляции фасадов;

– утепление внутренней поверхности ограждающей конструкции;

– утепление сухими смесями и красками специального состава.

Утепление посредством блоков несъемной опалубки (устройство термодома), применение сэндвич-панелей: применяется только при новом строительстве, конструкции являются очень удобными в эксплуатации, так как выполняют роль несущей конструкции и роль утепляющего материала. Недостатками данной технологии являются наличие стыков между панелями, которые могут выпускать тепло и пропускать холод. К сэндвич-панелям предъявляются очень жесткие технологические требования: внутренний и наружный слои должны создавать герметическую оболочку, чтобы во внутрь в утеплитель не попадала влага, панель должна быть изготовлена четко по размерам и храниться согласно технологическим требованиям. При значительном изменении геометрических размеров панели при эксплуатации может произойти раскрытие швов между конструкциями, что приведет к нарушению герметичности конструкций и значительным теплопотерям.

Вентилируемые навесные фасады – вещь далеко не новая. Технология вентилируемых навесных фасадов известна еще с древних времен. История свидетельствует о фактах применения фасадов с вентилируемой воздушной прослойкой в Древнем Египте. Современная Европа повернулась к навесным фасадам лицом в XX веке. В первую очередь этот относится к защитно-декоративному

экрану. Предлагают несколько вариантов керамических плит, но этот материал очень хрупкий, требующий особых навыков при монтаже. Есть плиты из фиброцемента. Используют и облицовку из декоративного искусственного камня из цемента, но она очень тяжелая и требует усиленной конструкции каркаса.

Колодцевая кладка, в которой в качестве утеплителя использованы пенообразующие заполнители, подаваемые в полости под давлением. Однако в эти полости попадает строительный мусор, снег, лед, а проконтролировать полноту заполнителя невозможно, да и присутствует нестабильность качества образующей пены. Контроль результата можно провести только на этапе эксплуатации, когда возможностей по ликвидации допущенных дефектов практически нет.

Прекрасным проверенным решением для старых и новых зданий является дополнительное утепление стен по методу «скрепленной теплоизоляции». Он заключается в закреплении специальным клеем термоизоляционных плит, защиты их поверхности полимерцементными составами, армированными специальной стеклосеткой и нанесении слоя декоративной штукатурки. Здания, утепленные таким способом, обеспечивают высокий уровень температурного комфорта в помещении, снижают расходы и выбросы в окружающую среду, а фасады при этом приобретают привлекательный индивидуальный выразительный вид.

Эффективность метода «скрепленной системы» определяется рядом преимуществ, к которым, в первую очередь, следует отнести:

– эффективное повышение теплоизоляционной способности стен и устранение мостиков «холода»;

– полное обновление фасада при сохранении его архитектурных форм;

– небольшой вес, как правило, не влияющий на несущую способность конструкции здания;

– возможность выравнивать стены в плоскости;

– легкую приспосабливаемость теплоизоляционных плит к имеющимся архитектурным деталям фасада (карнизы, пилястры и т. п.).

Недостатком этого метода является: при термомодернизации старых зданий поверхности требуют тщательной подготовки, что влечет дополнительные материальные затраты. Недостатки этих систем утепления в том, что трещины на штукатурном слое – частое явление, так как от исполнителей требуется очень тщательное соблюдение технологии. Но системы эти очень легко восстанавливаются, причем делать это можно как локально, так и полностью.

К методу утепления внутренней поверхности ограждающей конструкции прибегают при невозможности утепления наружных поверхностей ограждающих конструкций, но по возможности от него надо отказываться. Этот метод с точки зрения теплофизики в современных домах не имеет права на жизнь, так как происходит перенос точки росы во внутрь утеплителя, в помещение, что приводит к набуханию утеплителя и к снижению или даже потере его теплоизоляционных свойств.

УДК 621.311 (476.2)

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КОТЕЛЬНОЙ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ ЖЛОБИНСКОЙ ТЭЦ

А. И. ДЮНДИКОВА, С. Н. КОЛДАЕВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Жлобинская ТЭЦ является крупным потребителем топливно-энергетических ресурсов, используемых для производства тепловой и электрической энергии. Важнейшими направлениями энергосбережения на предприятии являются повышение эффективности преобразования энергии за счет обеспечения необходимого технического состояния эксплуатируемого оборудования, совершенствования технологической схемы, режимов работы оборудования, системы учета ТЭР и сокращение потребления ТЭР на собственные нужды станции и использование ВЭР.

Жлобинская ТЭЦ расположена в г. Жлобин и предназначена для отпуска тепла в виде подогретой воды для отопления и горячего водоснабжения жилых домов, промышленных предприятий, административно-бытовых зданий и сооружений города, а также электроэнергии в сеть Белорусской энергосистемы (при выработке ее в количестве, превышающем электрические собственные

нужды ТЭЦ). Установленная электрическая мощность – 26,2 МВт. Установленная тепловая мощность – 233 Гкал.

Характер работы Жлобинской ТЭЦ определяется условиями работы энергосистемы, распределением нагрузок, структурой присоединяемых тепловых нагрузок потребителей.

Характерной особенностью годовых графиков нагрузки как по электрической, так и тепловой энергии является их сезонная неравномерность. В отопительный период при максимуме отопительной нагрузки ТЭЦ работает преимущественно по теплофикационному циклу [1].

Суточная неравномерность выработки электроэнергии и отпуска тепла в отдельные дни летнего и зимнего периодов 2020 г. приведены на рисунках 1 и 2.

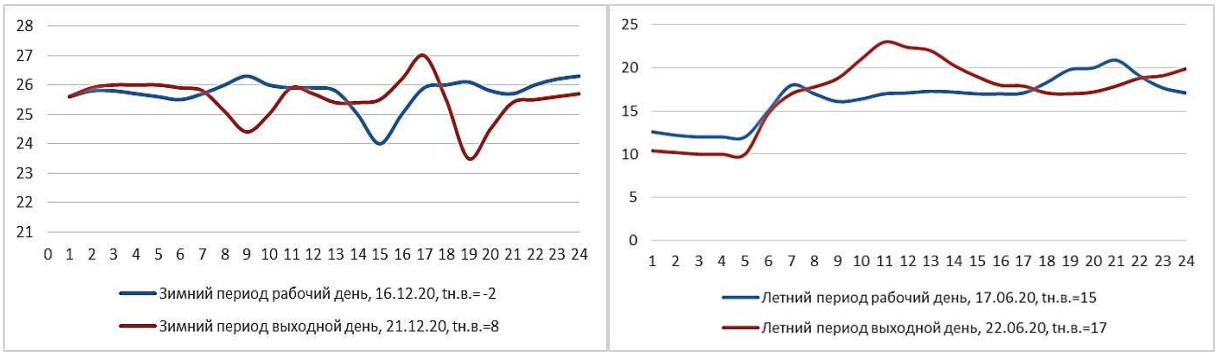


Рисунок 1 – Изменение выработки электроэнергии в МВт ТЭЦ в течение суток

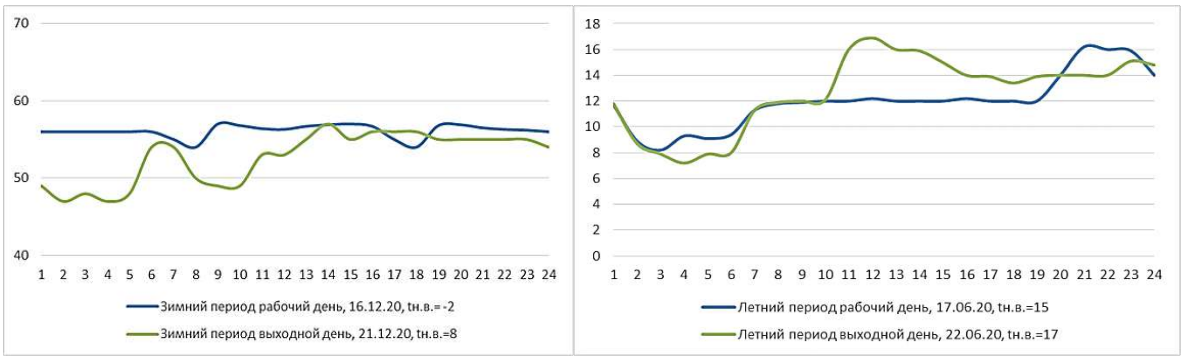


Рисунок 2 – Изменение отпуска тепла в Гкал ТЭЦ в течение суток

Как видно из вышеприведенных рисунков, неравномерность потребления электроэнергии связана со сменностью, вечерними пиками и диапазон ее изменения зимой колеблется в пределах 3–4 МВт, тогда как летом эта величина составляет 13 МВт. Максимальная нагрузка соответствует установленной мощности.

Потребление тепла в течение зимних суток носит равномерный характер и составляет около 30 % установленной тепловой мощности. Летом нагрузка падает ниже 10 % установленной мощности.

Для реализации потенциала и повышении энергосбережения на Жлобинской ТЭЦ были предложены следующие мероприятия:

– автоматизация процессов горения на водогрейных котлах № 5 и 6;

– установка частотного регулирования тягодутьевого оборудования на водогрейных котлах № 5 и 6;

– установка системы частотного регулирования электроприводов на сетевом насосе СЭ 1250-140;

– замена водогрейного котла на электрический.

Внедрение автоматизации в процесс горения уменьшает расход топлива на 3–5 %, уменьшает себестоимости тепловой энергии, повышает безопасность процесса выработки тепловой энергии, уменьшает количество аварийных остановок котлов на 80 %, снижает затраты на капитальный ремонт на 15 % [2].

С учетом нарастающей изношенности действующего оборудования ТЭЦ сохранение ее надежности и экономичности маневр электрической мощностью можно добиться за счет установки электрических котлов.

При включении в работу электрокотлов снижение электрической нагрузки ТЭЦ происходит, с одной стороны, за счет потребления электрокотлами вырабатываемой турбиной электроэнергии, и с другой – путем частичного замещения при этом тепловой нагрузки отборов турбины отпуском теплоты от электрокотлов, что, в свою очередь, также приводит к уменьшению электрической мощности теплофикационного энергоблока [3].

Поэтапное внедрение мероприятий позволит снизить удельные расходы топлива на отпуск электрической и тепловой энергии, а также расход электроэнергии на собственные нужды, относимые на электроэнергию и тепло, в сопоставимых к базовому году условиях. Фактическое снижение среднегодового удельного расхода в полной мере будет происходить в году, следующем за годом внедрения.

Перспективный план повышения энергосбережения Жлобинской ТЭЦ показан в таблице 1. Данные показывают годовой экономический эффект в тоннах условного топлива и рублях, сумму капиталовложений и сроки окупаемости каждого мероприятия.

Таблица 1 – **План мероприятий по энергосбережению**

Мероприятие	Годовой экономический эффект		Ориентировочный срок внедрения, год	Капиталовложения, руб.	Срок окупаемости, лет	Условия выполнения мероприятий	
	т у.т.	руб.				Модернизация действующего оборудования	Замена оборудования
Автоматизация процессов горения							
Котел № 6	5,3	2821,72	2021	1450	0,51	+	
Котел № 5	6,89	3673,56	2021	1950	0,53	+	
Установка частотного регулирования тягодутьевого оборудования							
Вентилятор котла № 6	22,85	12165	2022	20681	1,7	+	
Вентилятор котла № 5	21,41	11397	2022	20663	1,8	+	
Дымосос котла № 6	30,47	16227	2022	29289	1,8	+	
Дымосос котла № 5	28,99	15439	2022	29335	1,9	+	
Установка системы частотного регулирования электроприводов на сетевом насосе СЭ 1250-140	49,42	26315,28	2023	76776	2,9	+	
Замена водогрейного котла КВГМ-50 на электрический Wespe Heizung Kombi(60)	2959,03	1575,39	2024	21425,3	13,6		+
Итого	**3124,36**	**89613,95**		**201569,3**			

Реализация разработанной программы позволит получить экономию энергоресурсов в объеме 3124,36 т у.т., или в денежном выражении 89,6 тыс. руб. Мероприятие по автоматизация процессов горения позволит сэкономить 12,19 т у.т., в денежном эквиваленте 6,5 тыс. руб.; установка частотного регулирования тягодутьевого оборудования – 103,72 т у.т., в денежном эквиваленте 55,2 тыс. руб.; установка системы частотного регулирования электроприводов на сетевом насосе СЭ 1250-140 – 49,42 т у.т., в денежном эквиваленте 26,3 тыс. руб.; замена водогрейного котла КВГМ-50 на электрический Wespe Heizung Kombi(60) [4] – 2959,03 т у.т., в денежном эквиваленте 1575,39 тыс. руб.

Список литературы

1 Принцип работы ТЭЦ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https ://mosenergo.gazprom.ru/about/plantwork/. – Дата доступа : 09.07.2021.

2 Автоматизация процессов горения на источниках теплоты [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.energosovet.ru/bul_stat.php?idd=10/. – Дата доступа : 10.07.2021.

3 **Нагорнов В. Н.** Установка электрокотлов на ТЭЦ и эффективность теплофикации / В. Н. Нагорнов, В. И. Шкода ; Белорусская государственная политехническая академия. – Минск, 2018. – 65 с.

4 Румконт. Электрическая техника [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://rubikont.by/elektricheskiy-kotel-kombi. – Дата доступа : 21.07.2021.

УДК 656

КЛЮЧЕВЫЕ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ РИСКИ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Н. Н. КЛЕВЕЦ
БЕЛГИДРОМЕТ, г. Минск, Республика Беларусь

Погодно-климатические риски оказывают существенное финансовое воздействие на бизнес во всех странах. Затронутые секторы включают энергетику и сельское хозяйство, транспорт, а также строительство, недвижимость, гостиничный бизнес, отдых и многие другие. Растущая нестабильность погоды привела к тому, что упреждающее управление рисками экстремальных явлений привлекает все большее внимание во всем мире. На данный момент отмечается беспрецедентно высокое содержание парниковых газов в атмосфере, прогнозируется дальнейший рост температуры воздуха, повышение уровня океана, уменьшение площади льдов в полярных регионах, уменьшение содержания кислорода в океане, увеличение повторяемости засух и экстремальных явлений. Наблюдаемые тенденции изменения климата с высокой степенью вероятности сохранятся, а в ряде случаев усугубятся. Это не только требует принятия амбициозных мер по смягчению последствий, но также активного проведения адаптационных мероприятий и усилий по достижению устойчивости к изменению климата. Помимо основных потребителей климатической информации, представляющих собой различные частные и государственные предприятия, работающие в разных отраслях экономики (транспорт, энергетика, сельское хозяйство, строительство, здравоохранение), учебных заведений, СМИ и т. д., потребителями информации являются международные и гуманитарные организации, использующие данные для осуществления проектов международно-технической помощи и т. д. В связи с современным изменением климата в последние десятилетия потребность в климатической информации значительно возросла. Усиливается интерес к получению информации об анализе климатических условий, складывающихся за последние 30–50 лет или за более короткие сроки, климатическим тенденциям и предсказаниям поведения климатической системы в будущем, включая воздействие изменения климата на различные отрасли экономики, окружающую среду, человека и т. д. Возникает интерес к взаимодействию климатических условий с другими аспектами мира природы и человеческого общества, оценка рисков от изменений климата и адаптации к нему. Также важным вопросом, стоящим перед климатологией, является изучение воздействия человека на климат. Экстремальные погодные явления и медленные климатические изменения приводят к природным и техногенным бедствиям, предотвращению которых способствует наличие специализированной информации о климате. Электронные справочники по климату – это справочники нового поколения, содержащие кроме традиционных климатических параметров статистические характеристики, необходимые для проектирования и рационального использования климатических ресурсов в различных отраслях экономики. Справочник состоит из двух частей: характеристики климата по отдельным метеорологическим элементам; специализированных климатических характеристик для различных отраслей экономики (сельское хозяйство, строительство, энергетика, добывающая промышленность, автомобильный и железнодорожный транспорт, здравоохранение и туризм).

В Беларуси основным производителем климатической информации является Белгидромет.

Оценка уязвимости и рисков от опасных гидрометеорологических явлений производится на основании оценки интенсивности данного явления и его повторяемости. При анализе ущерба и рисков большое значение имеет повторяемость (вероятность) опасного гидрометеорологического явления (ОЯ) и его виды, которые оказывают влияние на различные отрасли экономики и на социальную сферу в том или ином регионе. Даже при высокой повторяемости ОЯ, оказывающего влияние, к примеру, на транспортную отрасль экономики, при невысоком уровне развития данной отрасли в определенном регионе (меньшей плотности дорог, протяженности железнодорожных путей, меньшего объема пассажиро- и грузооборота), погодно-климатические риски для данной отрасли в выбранном регионе будут значительно ниже, чем в регионе с развитой транспортной инфраструктурой, но меньшей повторяемостью ОЯ. Всемирным банком был разработан индекс уязвимости к

климатическим изменениям. В основе данного индекса лежат три индикатора: подверженность воздействию, чувствительность страны к изменению климата, способность к адаптации. Все эти три компонента были сведены в единый индекс уязвимости для стран Европы и Центральной Азии (всего 28 стран). Диапазон изменения индекса варьируется от 0 до 25. Наибольшее значение индекса соответствует высокой степени уязвимости, наименьшее – наоборот. Беларусь в данной классификации занимает положение ниже среднего, со значением индекса, равным 10. Если рассмотреть отдельно факторы, влияющие на уязвимость страны, то Беларусь имеет относительно небольшую чувствительность и подверженность воздействию при изменении климата, но также низкую способность к адаптации, что является отрицательным фактором и требует дополнительных исследований и усиления мер по ее повышению. Ключевые погодно-климатические риски для территории Беларуси, а также уязвимость территории от опасных гидрометеорологических явлений и изменения климата будут более подробно рассмотрены в следующих разделах. При исследовании случаев причинения ущерба опасными гидрометеорологическими явлениями, были выделены основные отрасли экономики, подверженные их воздействию: транспортная отрасль (автомобильный, железнодорожный, авиационный, речной и трубопроводный транспорт), энергетическая отрасль (в первую очередь производство, транспортировка и потребление энергии), сельское хозяйство (растениеводство, кормопроизводство, животноводство). Воздействие ОЯ на частную собственность, ухудшение жилищных условий, качество жизни и здоровья населения было обобщено в разделе «социальная сфера». В наибольшей степени негативное воздействие ОЯ приходится на сельское хозяйство: 44 % случаев зарегистрированного ущерба от ОЯ. Наибольшее воздействие оказывают очень сильные дожди и очень сильные ливни, ветер (в том числе шквал), град и сильная жара. Как известно, очень высокие температуры воздуха в сочетании с небольшим количеством осадков или их полным отсутствием способствуют возникновению засушливых условий и угнетению роста растений либо их гибели. Воздействие осадков, достигших критериев ОЯ, как правило, отмечается на большой территории. Опасные осадки приводят к полеганию, вымоканию культур и их гибели. К примеру, в результате выпадения сильных дождей по территории Гродненской, Витебской и Минской областей 9 июня 2001 года пострадали и частично уничтожены посевы сельхозкультур на площади до 30 000 га. Примером отрицательного воздействия на сельское хозяйство от выпадения града может служить случай выпадения крупного града диаметром 30 мм в Бобруйском районе, отмеченный 21 июня 1992 года, в результате чего была повреждена ботва картофеля на 167 га, свеклы на 48 га, посевы ячменя на 163 га, капусты на 2 га. Сильный ветер и шквал также очень часто приводят к экономическим потерям в сельском хозяйстве. К примеру, в результате усиления скорости ветра до 25 м/с и более, отмечавшееся на станции Горки 16 июня 2007 г., в хозяйствах Горецкого района произошло полегание посевов озимых и яровых зерновых культур. Отмечались частичные разрушения шиферных кровель отдельных производственных и животноводческих построек. Транспортная отрасль менее уязвима по отношению к опасным гидрометеорологическим явлениям (в 8 % случаев). ОЯ приводят к размыву дорог и размыву опор мостов, авариям на железнодорожных путях сообщения, повреждению транспортных средств (в том числе и авиатранспорта), остановке движения. К примеру, в результате сильных снегопадов, отмечавшихся 21 июня 2004 года, было затруднено движение автотранспорта по Могилевской и Гомельской областям. В Могилевской области отменялось более 100 рейсов пригородных маршрутов.

Увеличение количества дней с экстремально высокими температурами воздуха негативно сказывается на качестве дорожного покрытия, которое в условиях высоких температур воздуха деформируется (размягчается) и, как следствие, ухудшаются его эксплуатационные качества, увеличивается риск возникновения аварийных ситуаций. Высокие температуры воздуха также негативно влияют на функционирование железнодорожного транспорта: при высоких температурах воздуха происходит перегрев и деформация рельсов. При повышении температуры воздуха до 30 °С и более выходит из строя служба сигнализации и связи. При превышении значения температуры воздуха +25 °С и выше передаваемая мощность электроэнергии уменьшается на 2,25 %/1 °С. Рост количества осадков в зимний сезон и увеличение их суточных максимумов снизит уровень безопасности дорожного движения, потребует принятия дополнительных мер по его повышению. Из-за увеличения повторяемости снегопадов, ливневых осадков и случаев выпадения мокрого снега увеличатся эксплуатационные расходы на содержание автомобильных дорог.

УДК 656.2:621.311

SWOT-АНАЛИЗ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Д. Н. КУШНЕРОВ, В. В. МАКЕЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Белорусская железная дорога является крупным потребителем топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на территории Республики Беларусь. В настоящее время требуется прогнозировать потребление ТЭР и управлять процессами потребления энергоресурсов, используя мировой опыт обеспечения эффективной работы железных дорог и учитывая возможности Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь и Белорусской железной дороги.

Для разработки предложений по совершенствованию управления энергоэффективностью, и определения стратегии повышения энергетической эффективности Белорусской железной дороги до 2025 года и на перспективу до 2030 года необходимо предварительно изучить текущее состояние дел на дороге в части энергопотребления и энергоэффективности и правильно структурировать информацию. В рамках такого изучения были выявлены и оценены внутренние и внешние факторы, оказывающие влияние на энергоэффективность железной дороги. С этой целью был выполнен SWOT-анализ энергетической составляющей работы Белорусской железной дороги, в ходе которого были изучены ее сильные и слабые стороны (внутренние факторы), а также установлены возможности и угрозы ее развития (внешние факторы).

Исходная матрица SWOT-анализа энергетической составляющей работы Белорусской железной дороги приведена в таблице 1.

Таблица 1

Сильные стороны	Слабые стороны
Наличие системы планирования работы по энергосбережению, включающей в себя: - налаженный учет ТЭР; - проведение энергоаудитов; - нормирование расхода ТЭР; - планирование показателей по энергосбережению; - разработку и реализацию планов мероприятий по энергосбережению. Организован контроль за рациональным использованием ТЭР. Диверсификация потребления различных видов ТЭР. Электрифицированность участков, по которым происходит перемещение основных грузопотоков. Наличие современного парка МВПС на электротяге. Наличие собственной ремонтной базы для локомотивов, вагонов и железнодорожного пути.	Отсутствие автоматизированной системы управления энергосбережением. Недостаточное финансирование мероприятий по энергосбережению, из-за ограниченности собственных финансовых средств. Значительная степень изношенности подвижного состава. Нехватка финансовых средств для обновления подвижного состава. Значительная часть локомотивного парка состоит из тепловозов с малоэкономичными дизелями. Низкая оснащенность приборами учета расхода топливно-энергетических ресурсов. Наличие котельных с низким КПД, завышенная мощность установленного котельного оборудования. Наличие непрофильных активов (теплотрассы, линии электропередач и др.). Недостаточная актуализация ряда методик нормирования ТЭР.
Возможности: Использование электроэнергии после ввода в действие АЭС. Укрепление экономических связей с союзным государством – Российской Федерацией. Усиление взаимодействия служб Белорусской железной дороги с соответствующими службами железных дорог Российской Федерации. Привлечение иностранных компаний к сотрудничеству	*Угрозы:* Рост цен на топливо и тарифов на электроэнергию. Более высокий уровень тарифов на электроэнергию по сравнению с непосредственными конкурентами (городским электротранспортом), а также железнодорожными администрациями соседних стран. Более высокий уровень тарифов на электроэнергию по сравнению с промышленными потребителями. Большой уровень потребления электрической энергии в обслуживающем промышленном производстве, которое не зависит от объема перевозочной работы (условно-постоянная величина). Повышение стоимости энергосберегающих мероприятий

Сопоставление сильных и слабых сторон внутренней среды железной дороги с возможностями и угрозами внешней среды показало, что при планировании до 2025 года и в перспективе до 2030 года для БЖД в области энергопотребления и энергоэффективности могут быть предложены следующие направления развития.

1 Укрепление сильных сторон:

– ввод в стране мощной атомной электростанции открывает перспективы для дальнейших работ по электрификации отдельных участков;

– электрификация вызовет необходимость обновления тягового подвижного состава (как электрического, так и тепловозного) и моторвагонного подвижного состава, которое возможно осуществить с привлечением иностранных компаний;

– обновленный тяговый подвижной состав может позволить увеличить использование электрической энергии, выработанной за счет рекуперации и соответственно повысить энергоэффективность перевозочного процесса, уменьшив экологическую нагрузку на окружающую среду;

– иностранные инвесторы потенциально могут быть привлечены к созданию на мощностях Белорусской железной дороги ремонтных баз для обслуживания имеющегося и закупаемого в перспективе подвижного состава.

2 Преодоление слабых сторон за счет возможностей внешней среды:

– привлечение иностранных компаний к сотрудничеству может позволить решить проблему нехватки собственных финансовых ресурсов БЖД для обновления подвижного состава, а также для осуществления мероприятий по энергосбережению;

– повышение доли перевозок, выполняемых на электротяге, снизит остроту вопроса о слабой оснащенности приборами учета расхода ТЭР.

3 Использование сильных сторон для устранения угроз:

– в условиях роста цен на энергоносители следует еще большее внимание уделять вопросам нормирования ТЭР;

– разработка мероприятий по снижению энергопотребления нетяговыми потребителями БЖД (промышленное производство), имеющими высокий уровень потребления электрической энергии, который не зависит от объема перевозочной работы (условно-постоянная величина);

– весь спектр угроз для железной дороги в сфере энергоэффективности (рост тарифов, их более высокий уровень по сравнению с конкурентами, отсутствие зависимости расхода ТЭР в промышленном производстве от объема перевозочной работы и т. п.) и наличие системы планирования работ по энергосбережению вызывают необходимость создания единой для дороги автоматизированной системы, позволяющей координировать все имеющиеся вопросы в сфере энергосбережения и энергоэффективности).

4 Устранение слабых сторон для преодоления угроз:

– постоянный рост тарифов на ТЭР требует проведения мероприятий по модернизации имеющихся на дороге и используемых для нужд перевозочного процесса котельных, тепловых пунктов и т. п., включая приведение их мощностей в соответствие с потребностями производственного процесса, замену оборудования для повышения КПД;

– непрофильные активы, до настоящего времени имеющиеся у Белорусской железной дороги и являющиеся при этом весьма энергозатратными (теплотрассы, электрические сети и т. п.), следует передать в коммунальную и иную собственность в соответствии с их профилем.

Реализация предлагаемых направлений развития позволит повысить энергоэффективность Белорусской железной дороги, снизить энергопотребление за счет оптимизации перевозочного процесса, снижения потерь тепловой и электрической энергии, а также уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Таким образом, по результатам SWOT-анализа были выработаны основные направления развития в области энергопотребления и энергоэффективности для БЖД, которые нашли свое отражение в стратегии повышения ее энергетической эффективности.

УДК 628.4

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОТХОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПНЕВМОТРАСПОРТА

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Образование отходов в жизнедеятельности человека и предприятий является неизбежным на сегодня процессом. Уровень использования коммунально-бытовых отходов в среднем в 2020 году в Беларуси вырос до 22,6 %. Важным элементом сбора отходов является его транспортировка к месту сортировки и использования [1].

Система сбора и удаления ТБО включает в себя: подготовку отходов к погрузке в собирающий мусор транспорт; организацию временного хранения отходов в домовладениях, организациях и предприятиях; сбор и вывоз бытовых отходов с территорий домовладений, организаций и предприятий; обезвреживание, переработка и утилизация отходов.

Несвоевременный сбор ТБО приводит к переполнению накопительных емкостей для отходов и воздействию на них природно-климатических факторов (осадки, солнечные лучи и т. д.), вследствие чего в местах их хранения ухудшается санитарно-гигиеническое состояние мест сбора отходов, а также прилегающей территории. Все эти факторы оказывают вредное влияние в целом на среду обитания человека и экологическое состояние территории населенных пунктов и предприятий [2].

Одной из особенности процесса сбора отходов является тот факт, что в балансе времени работы транспортных средств значительное место занимает время на погрузо-разгрузочные операции и маневрирование. В стесненных условиях городских дворов эти маневровые операции занимают от 25 до 40 % и более времени работы автомобиля. В связи с чем достаточно остро встает проблема безопасности движения и ухудшения экологической обстановки в жилых микрорайонах, а также неэкономного расхода топливно-энергетических ресурсов при выполнении маневров, связанных с погрузкой твёрдых и коммунально-бытовых отходов [3].

Одним из способов решения отмеченных проблем является применение вакуумных систем с использованием трубопроводного пневмотранспорта. Пневматический сбор и удаление коммунальных отходов практикуется во многих зарубежных странах. Это довольно эффективный метод транспортировки и обработки коммунально-бытовых отходов. Трубопроводы можно использовать для транспортировки отходов как на малые, так и на большие расстояния. Полностью автоматизированная система сбора и удаления отходов предоставляет собой широкий потенциал технических возможностей для сбора и перемещения отходов любого типа [4].

Среди существующих проблем систем сбора отходов можно выделить следующие:

– антисанитарное состояние (особенно в тёплое время года);

– выделение вредных веществ в окружающую среду при движении мусоровозов от места сбора отходов до пункта приёма (сортировки).

В настоящее время мусор с коммунальных и производственных на полигоны бытовых и промышленных отходов площадок вывозят спецмашины, оборудованные двигателями внутреннего сгорания. А как известно, транспортные средства, использующие значительные объемы углеводородного сырья, являются одним из существенных источников загрязнения атмосферы. Основную долю в выбросах от передвижных источников составляют выбросы от автомобильного транспорта (90 %).

В составе выбросов в атмосферу от автомобильного транспорта содержится более 280 соединений. Это в основном газообразные вещества, многие из которых по химическим свойствам, характеру воздействия на организм человека являются токсичными: оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы, углеводороды и другие, а также твердые вещества – сажа, свинец, бензапирен [5].

В последнее десятилетие с увеличением парка автомобилей интенсивно нарастает опасное загрязнение атмосферы углекислым газом (CO_2), в больших количествах содержащихся в отработавших газах автомобилей. Этот газ играет основную роль в формировании парникового эффекта планеты – явления, устранение которого в настоящее время стало глобальной проблемой.

Поэтому основным экологическим преимуществом пневматического транспорта является отсутствие выделения дымовых газов и, как следствие, отсутствие углеродного следа в процессе движения. С учетом того, что вклад автотранспорта в загрязнение атмосферного воздуха городов составляет до 90 %, широкое использование пневматического транспорта позволит улучшить экологическую обстановку городов.

Технология вакуумной транспортировки отходов появилась ещё в середине прошлого века. На рисунке 1 в качестве иллюстрации представлена узловая пневматическая система удаления отходов в жилом районе застройки.

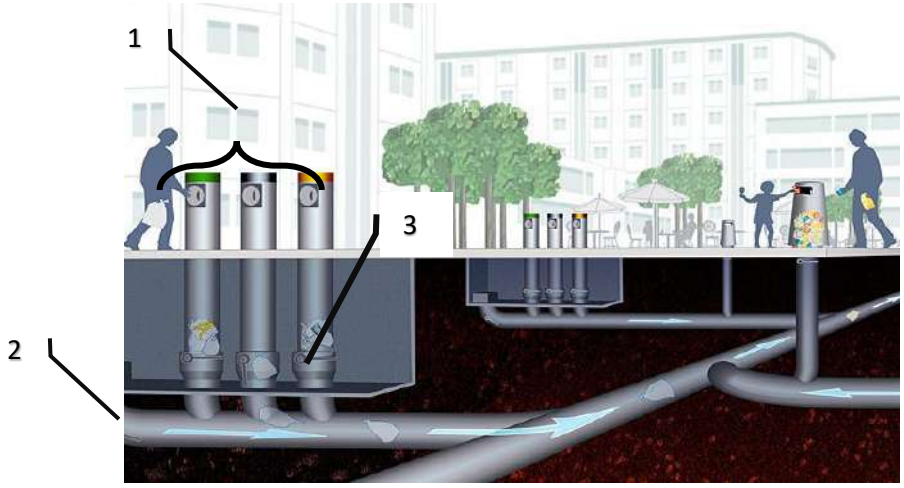


Рисунок 1– Пневматическая система удаления отходов [6]

Основные принципы её работы представляют собой следующую технологическую схему работы: на поверхности в местах сбора отходов установлены приемные контейнеры *1*. В пункте сбора имеются четыре люка, каждый из которых отведён под определённый вид отходов: биоотходов, бумаги, картона и смешанных отходов. В них рассортированные жителями коммунальные отходы опускаются в мешках, объёмом не более 30 литров. Опыт эксплуатации показывает, что лучше заполнять мешок на 2/3. Под данными контейнерами располагается сеть подземных трубопроводов *2*, оборудованная автоматическими клапанами *3*, с автоматизированной системой открытия. Отходы доставляются при помощи сильнейшего воздушного потока, создаваемой вакуумной установкой, к местам их сбора и дальнейшей сортировки [6].

Таким образом, развивая направление пневматической транспортировки мусора, которая работает с определенным алгоритмом работы, учитывающим время, степень наполнения и необходимость транспортировки тех или иных видов отходов на площадку сбора, тем самым снижается экологическая нагрузка на транспортную инфраструктуру города и карбонизацию окружающей среды.

Список литературы

1 **Бельдеева, Л. Н.** Экологически безопасное обращение с отходами / Л. Н. Бельдеева, Ю. С. Лазуткина, Л. Ф. Комарова. – Барнаул : Азбука, 2006. – 179 с.

2 **Дабаева, М. Д.** Эколого-безопасная утилизация отходов : [монография] / М. Д. Дабаева, И. И. Федоров, А. И. Куликов ; Бурят. гос. с.-х. академия. – Улан-Удэ : Изд-во БГСХА, 2001. – 94 с.

3 Пульповая переработка пищевых отходов / А. М. Гонопольский [и др.]. – М. : Перо, 2016. – 126 с.

4 Утилизация отходов производства и потребления : учеб. пособие / Э. М. Соколов [и др.]. – Ярославль : ЯГТУ, 2006. – 388 с.

5 **Трофименко, Ю. В.** Модель управления транспортирования ТБО / Ю. В. Трофименко, С. Н. Просов, В. И. Комков // ЭкоReal. – 2007. – № 2. – С. 25–32.

6 Утилизация отходов в Круунувуоренранта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www. metrotaifun.com/automatic_solid_waste_collection_system/ru/. – Дата доступа : 01.03.2021.

УДК 628.179

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ БЕЗДОХОДНЫХ ПОТЕРЬ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

А. Б. НЕВЗОРОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Снижение доли нерационального использования энергоресурсов в области водоснабжения связано не только с потреблением электроэнергии для насосных станций, но и с поиском современных решений по снижению уровня потерь в системах питьевой воды, не приносящими дохода предприятиям Водоканала. Во многих странах, в том числе и в Беларуси, потери воды составляют от 20 до

30 % и выше очищенной воды, прежде чем она попадет к потребителю. Это не только огромные потери воды, но и пустая трата материальных ресурсов, которые были использованы для извлечения воды, ее обработки и распределения.

Термин «потери питьевой воды» из водопроводной сети означает совокупность неучтенных расходов и всех видов утечек, в том числе явных и скрытых, которое подразумевает самопроизвольное истечение воды при нарушении их целостности или герметичности различных элементов водопроводной сети [1].

При этом понятие «скрытая утечка воды» определяется как утечка, не выходящая на поверхность вследствие нарушения герметичности или повреждений трубопроводов и сооружений и не обнаруживаемая при осмотре водопроводной сети и сооружений без специальных методов и средств.

Особо следует подчеркнуть необходимость поиска и ликвидации неучтенных и нерациональных расходов и утечек воды не только в уличной сети, но и во внутриквартальной водопроводной сети, протяженность которой составляет около 30 % протяженности уличной водопроводной сети, а в некоторых городах – 60 и более процентов. При этом диаметры трубопроводов внутри кварталов обычно не превышают 150 мм, а известно, что частота повреждений трубопроводов возрастает с уменьшением их диаметра.

Поэтому, следуя целям Государственной программы «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 годы, на Водоканалах необходимо внедрять проактивные программы оценки инфраструктуры с помощью цифровых технологий мониторинга. Это позволит измерять и регистрировать данные о воде и быстро выявлять даже самые маленькие утечки в трубопроводе. Однако небольшие коммунальные службы в малых городах из-за изношенности инфраструктуры чаще регистрируют более высокую скорость прорыва магистрали на километр, чем более крупные коммунальные службы, особенно если жесткие бюджеты на капитальный ремонт водопроводного хозяйства приводят к задержкам в замене инфраструктуры.

Сейчас ситуация отслеживания потерь и утечек воды меняется благодаря новым возможностям беспроводного мониторинга и связи, которые могут сделать переход к мониторингу в режиме реального времени и углубленной аналитике стоящей инвестицией для сокращения хронических потерь воды.

Приоритетными направлениями развития национальной информационно-коммуникационной инфраструктуры в 2021–2025 годах будут: дальнейшее развитие стационарного ШПД с учетом применения технологий организации доступа, использование волоконно-оптических линий связи; развитие беспроводного ШПД на основе сети сотовой подвижной электросвязи по технологии LTE (4G); развертывание сетей сотовой подвижной электросвязи пятого поколения (5G) и предоставление широкого перечня новых современных услуг электросвязи как для физических лиц, так и для нужд всех сфер экономической деятельности; повсеместное внедрение на базе возможностей сетей пятого поколения таких технологических решений, как «умный дом», «умный город» и других; дальнейшее развитие облачных технологий, обеспечивающих по требованию пользователя доступ к необходимым информационным и вычислительным ресурсам независимо от его географического положения и др.

Водоканалы могут использовать доступные цифровые технологии по мониторингу утечек [2]:

– система СЗЩ – цифровая система, предназначенная для управления, регулирования и мониторинга объекта. Некоторые системы содержат модуль, который собирает данные о потоках в режиме онлайн;

– обнаружение и предсказание возникновения утечек на основе математической модели, основанной на статистических данных, которая будет предупреждать пользователей, если будут возникать какие-либо отклонения от нормы на участке трубопроводной сети;

– обнаружение утечек может осуществляться и с использованием таких технологий, как индикатор газа и акустическое оборудование.

Рассматривая проблему снижения неучтенных потерь питьевой воды в перспективе, можно выделить цифровую методологию беспроводного мониторинга, связывающую расходомеры с протекающим оборудованием, мониторинг давления и беспроводные датчики и регистраторы, что упрощает и удешевляет мониторинг расхода воды, давления, контроль переходных процессов и обнаружение утечек во всей распределительной системе. Управление данными в реальном времени с помощью настраиваемых панелей мониторинга и аналитического программного обеспечения позволит коммунальным службам выявлять потенциальные проблемы, прежде чем они станут дорогостоящими, серьезными проблемами.

Для получения наилучшей общей картины работы системы водоснабжения и выявления возникающих проблем с утечкой целесообразно использовать комплексное системное решение, включающее несколько типов датчиков/регистраторов, облачные технологии и комплексные аналитические программные решения, а также следующие мероприятия и инструменты:

– оптимизация существующих и разработка новых методов герметичности водопровода;

– разработка стратегии предотвращения или минимизации новых утечек;

– создание точного водно-хозяйственного баланса на основании расчетов нормативов расходов и неучтенных потерь по всем параметрам;

– разработка активной эффективной системы контроля утечек и потерь воды, включающей: установку датчиков и сенсоров обнаружения утечек на наиболее проблемных участках сети, получение данных в реальном времени, применение средств дистанционного обнаружения утечек;

– управление давлением за счет установки редукционных клапанов (PRV) в ключевых местах в системе распределения воды. Однако использование слишком большого количества PRV (наряду с сопутствующими счетчиками и, возможно, новыми сегментами труб) может стать дорогостоящим, по сравнению со стоимостью сэкономленной воды.

– применение бестраншейных методов восстановления трубопроводов с применением пластиковых труб;

– использование научных подходов в понимании природы величин утечек в сетях водоснабжения.

Однако эти мероприятия будут выполняться только при условии, когда управление водопроводной инфраструктурой является наиболее экономически эффективным, если оно осуществляется в соответствии с целевыми исследованиями и водными аудитами, которые могут определить и даже предсказать, какие районные системы водоснабжения наиболее подвержены разрывам и утечкам. Однако после первоначальной оценки соотношения затрат с достижением эффекта в рамках системы эти усилия становится все труднее выполнять экономически эффективным образом. Таким образом, суть заключается в том, что никогда не может быть идеальной система распределения воды с 0 % недоходными потерями воды. Наступает момент снижения отдачи, когда дело доходит до сокращения этих потерь. Ключевым термином здесь является экономический уровень утечки, который определяется Международной ассоциацией по водным ресурсам как «уровень утечки, при котором предельные затраты на активный контроль утечки равны предельным издержкам протекающей воды» и как «экономический уровень реальных потерь, [который] возникает, когда сумма стоимости воды, потерянной в результате реальных потерь, и стоимость мероприятий, предпринятых для минимизации реальных потерь, находится на минимуме».

Список литературы

1 **Гуринович, А. Д.** Проблемы потерь воды в системах питьевого водоснабжения / А. Д. Гуринович, Ю. П. Таланова // Экономика строительного комплекса и городского хозяйства: материалы Междунар. науч.-техн. конф. (5-8 декабря 2017 г., Минск). – Минск : БНТУ, 2018. – С. 141–143.

2 Цифровой водоканал – миф или реальность / В. И. Баженов [и др]. – Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2017. – № 6. – С. 38–48.

UDC 621.7

SOME ASPECTS OF INDUSTRIAL POLYMER WASTE RECYCLING SYSTEM

Kh. I. NURMETOV, A. A. RISKULOV
Tashkent State Transport University, Republic of Uzbekistan

Among the wide range of wastes generated in the regional sphere of production and consumption, polymer wastes are of particular relevance, which are a set of products generated at various stages of technological processes at specialized enterprises for the production of chemical products, as well as amortized products of various functional purposes (packagings, packaging elements, film semi-finished products, medical products, household appliances and equipment) which are formed in the process of functional application as in specialized agencies and organizations (medical institutions, trade organizations, transport organizations), and in the system of housing and communal complexes (housing and communal services). A significant portion of some polymer waste is recycled at the site of generation and used to produce the product of the required quality.

Wastes (residual products) of the process of producing polyamide fibers and products from them are a full-fledged raw material for plastic masses and composite materials with a brand assortment of more than 50 types at quality parameters corresponding to domestic and foreign analogues.

Among the most mass polymer wastes are waste in the form of containers (containers for liquid-phase food, technical and special products, bags for storage and transportation of bulk food, construction, agricultural goods), sheet and film semi-products, medical products (disposable syringes, containers for storage of medicines) made from thermoplastic materials based on polyolefins.

A characteristic feature of polymer waste based on polymers of the polyolefin class is a pronounced technological predisposition to recycling, due to the features of the structure of the macromolecular chain, which provide relatively high resistance to multiple effects of technological factors (temperature, pressure, shear strain). These features of the polyolefin structure allow multi-cycle recycling of various types of waste to produce products in the form of regenerated raw materials with high parameters of consumer characteristics, which can be used as a semi-finished product in the manufacture of a wide range of products of various functional purposes.

When recycling film wastes, they are sorted, ground, cleaned of contaminants and residual products, dried, remelted in a multi-section extruder with degassing and subsequent granulation of the regenerate to obtain a semi-finished product with the most common dimensional parameters.

Among the most important indicators of the efficiency of the production activity of the enterprise specializing in the field of recycling of high molecular weight products are parameters characterizing the quality of products, primarily granulate based on regenerated raw materials obtained using process lines with various degrees of completion of the process.

Techniques for processing secondary polymeric thermoplastic materials based on various approaches are known. The most common method of processing secondary polymer materials is mechanical crushing of non-standard cushioned polymer products and production wastes (runner systems) with subsequent processing of crushed fractions with size from 5 to 15 mm in technological equipment ensuring achievement of viscous-fluid state (extruders, thermoplastic machines) with subsequent granulation. This method of recycling is simplest in technology, however, it results in a product with a large dispersion of service characteristics (rheological, deformation-strength, thermophysical, tribotechnical, adhesive, etc.) and is used, as a rule, to obtain products of low quality using an uncertain composition, large size or mass for recycling cushioned polymer products, or with the presence of large contaminants.

In the practice of recycling, a method of processing film cushioned thermoplastic articles (cover films, packaging of food materials) is used, consisting in mechanical fractionation (crushing of the semi-finished product) with subsequent exposure of the ground film fragments of the elements of the technological unit, which cause their mechanical deformation, leading to their heating. Under the influence of thermal energy of deformation from dispersed fragments of film materials and semi-finished products, so-called agglomerate - partially melted fragments with a particle shape close to spherical are formed. The obtained agglomerate is used for making articles by injection molding or extrusion using traditional equipment - casting machines (thermoplastic machines) and extrusion plants (extruders).

The technology of recycling secondary thermoplastic materials by agglomeration is quite widespread in the practice of recycling, since it has a relatively low energy consumption and simplicity of implementation, but has a number of disadvantages limiting the scope of its application. Firstly, it is effective only for film waste, and secondly, it requires careful preparation of raw materials (sorting and cleaning from contaminants and related products), since if this condition is violated, an unstable quality regenerate with low consumption characteristics is formed.

In the course of system research, an effective technology for recycling process waste of thermoplastic materials has been developed, which allows to obtain a product of high quality with stable parameters of consumer characteristics.

The essence of the developed technology of recycling secondary polymer materials based on thermoplastics is as follows. It is known that with uniaxial orientation of thermoplastic fibers, they are strengthened due to the formation of a specific supramolecular structure. This structure, formed from blocks of macromolecules with mainly parallel laying, has a memory effect due to the higher level of intermolecular interaction in the oriented supramolecular structure compared to the non-oriented periphery. Therefore, when cooling a re-melted fragment of oriented fiber of any section (cylindrical, rectangular, triangular, etc.), a significant part of the oriented reinforced structure is restored. Due to the same (or similar) molecu-

lar structure and chemical composition of the modifying component (oriented fiber fragments) and the matrix (undirected secondary raw material fragments), thermodynamic compatibility of the components of the regenerated material is ensured and a strengthening effect is achieved. In order to realize the reinforcing effect, from 1 to 100 parts by weight of fragments of uniaxially oriented fibers must be introduced into the non-oriented matrix. With the ratio "matrix-oriented fiber" 100:1, the effect of reinforcement of the regenerate is technologically significant, and with the ratio of components in 1:100, undirected matrix components perform the function of a kind of high-molecular plasticizer.

Subsequent drying of mechanical mixture of oriented and non-oriented components in suspended layer at close mass ratios of dispersed fragments ensures preservation of required ratio and achievement of homogeneous semi-product suitable for further remelting. Processing of the obtained mixture in a continuous process cycle and a closed volume of process equipment makes it possible to continuously supply the raw mixture to the feed hopper of the extruder, perform degassing of the melt through the zones of the melting cylinder, homogenize the melt due to the continuous action of the screw and granulate the regenerated product in the closed process space with minimal environmental access at all stages of the recycling process. These causes almost complete suppression of thermo-oxidative and thermo-destructive processes in the polymer material at various stages of the process and the production of a regenerated product (regenerate) of stable quality.

The developed recycling technology can be implemented when processing secondary polymer materials based on various thermoplastics - high pressure polyethylene (HDPE), low pressure polyethylene (LDPE), polypropylene (PP), polyamide 6 (PA6), and mixtures of LDPE + PP, HDPE + PP, etc. Studies of the structure and structure of thermoplastics regenerated according to various technologies using modern methods of physical and chemical analysis and determination of parameters of strain-strength and rheological characteristics have shown notable advantages of the product regenerated according to the developed method compared to the regranulate obtained according to the known technology.

As follows from the obtained data, the regenerated product (regenerate) obtained by the developed technology is superior in strength, impact toughness characteristics, the product obtained by extrusion remelting technology. The characteristics of the regenerate are not inferior in quality to the primary analogues (PP, LDPE, PA6), so it can be used as a full-fledged material for the manufacture of polymer products of various functional purposes instead of the so-called primary.

Regenerated polyolefins have been used as a matrix binder for composite materials with process and service characteristics that meet the requirements for products of a particular functional purpose.

References

1 Recycling in materials science and the polymer composites technology: monograph / A. V. Struk [et al.] ; ed. by A. A. Riskulov, V. A. Struk. – Tashkent, 2019. – 336 p.

2 Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития : материалы 3-й Междунар. науч.-техн. конф. ; редкол. : В. А. Струк (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2013. – 249 с.

3 **Шаповалов, В. М.** Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных материалов / В. М. Шаповалов, З. А. Тартаковский. – Гомель: Инфотрибо, 2003. – 340 с.

УДК 656:620.9

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В. М. ОВЧИННИКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,

С. А. СЕМАШКО
Белорусская железная дорога, г. Минск

Проведенный анализ эксплуатационных расходов Белорусской железной дороги (БЖД) за предыдущую пятилетку показал следующее.

Наибольшая доля, 45–47 % эксплуатационных расходов Белорусской железной дороги на топливо приходится на Барановичское (НОД-2) и Витебское (НОД-6) отделения. Это свидетельствует о том, что двумя этими отделениями выполняется наибольший объем перевозок с использованием

теплотяги, что подтверждается данными по приведенной работе – на долю НОД-2 и НОД-6 приходится 51–56 % от общего объема приведенной работы, выполненной теплотягой.

Наименьшая доля эксплуатационных расходов дороги на топливо приходится на Брестское (НОД-3) отделение – 5–6 %. Связано это с тем, что в приведенной работе, выполненной теплотягой, доля НОД-3 также минимальна и составляет 3–4 %;

Минское (НОД-1) отделение формирует 65–68 % расходов Белорусской железной дороги на электроэнергию, при этом в анализируемом периоде доля отделения стабильно росла. Это связано с доминирующей долей НОД-1 в приведенной работе, которая составляла 66,96–70,51 % БЖД, выполненной на электротяге.

Минимальная доля в расходах на электроэнергию приходится на Витебское отделение (2,02–2,82 %) от расходов Белорусской железной дороги на электроэнергию). При этом на НОД-6 отсутствует контактная сеть и перевозки осуществляются исключительно на теплотяге.

Доля Гомельского отделения в расходах дороги на электроэнергию выросла на 2,79 %. Объясняется этот факт тем, что электрификация отдельных участков НОД-4 позволила в анализируемом периоде увеличить объем приведенной работы, выполняемой электротягой с 1,36 до 4,26 %.

Проанализировав потребление электрической энергии и дизельного топлива на Белорусской железной дороге (таблица 1), можно констатировать, что расходы на производство и нетяговые нужды остаются практически на неизменном уровне. Потребление электрической энергии на тягу поездов напрямую зависит от объема выполняемой работы.

Таблица 1

Годы	2016	2017	2018	2019	2020
Потребление электроэнергии, млн кВт·ч	608,3	667,6	753,0	730,8	668,1
Потребление дизельного топлива, тыс. т	174,2	183,0	189,0	182,4	154,5
Грузооборот, млрд тарифных тонно-километров	41,1	48,5	52,6	48,2	42,4

Работа по повышению энергоэффективности Белорусской железной дороги ведется на плановой основе в соответствии с Законом Республики Беларусь от 08.01.2015 № 239-З «Об энергосбережении», решениями Правительства, Министерства транспорта и коммуникаций, локальными правовыми актами Белорусской железной дороги.

Указанная работа включает следующее.

По результатам проведения энергетических обследований организаций выявляются резервы экономии ТЭР.

Обеспечено нормирование потребления электрической, тепловой энергии и котельно-печного топлива с целью предупреждения нерационального использования ТЭР, а также налажен соответствующий контроль.

Выполняются мероприятия, включенные в План мер по реализации основных направлений энергосбережения Минтранса для достижения целевых показателей.

В предыдущие годы на Белорусской железной дороге проделана значительная работа по повышению эффективности использования ТЭР и вовлечению местных ТЭР, включая ВИЭ.

В результате планомерной работы и реализации энергосберегающих мероприятий экономия на Белорусской железной дороге составила 66 986,3 т у.т. На указанные мероприятия при этом израсходовано 36,9 млн руб. Энергоемкость БЖД уменьшилась с 145 кг у.т./тыс. руб. до 118 кг у.т./тыс. руб.

В складывающейся экономической ситуации необходимо активизировать работу по повышению энергетической эффективности, предусматривающую жесткую экономию ТЭР, снижение затрат на единицу производимой продукции, в том числе тепловой и электрической энергии.

Следует отметить, что определение единых подходов в организации работы по рациональному использованию ТЭР и основных направлений энергосбережения, установление на ближайшую пятилетку целевых и ключевых показателей в сфере энергосбережения обусловили необходимость разработки стратегии повышения энергоэффективности Белорусской железной дороги на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (далее – Стратегия) на основе внедрения инновационных технических средств и технологий, а также использования потенциала повышения энергетической эффективности технологических процессов железнодорожного транспорта.

Целями разработки Стратегии являются: обеспечение получения экономии ТЭР в объёме, необходимом для выполнения целевых показателей Государственной программы «Энергосбережение»; повышение энергоэффективности производственных процессов организаций Белорусской железной дороги, оптимизация потребления ТЭР; снижение финансовых затрат на приобретение ТЭР.

Для достижения намеченных целей необходимо решить следующие основные задачи:

1) ежегодно разрабатывать и реализовать энергосберегающие мероприятия в рамках Государственной программы «Энергосбережение»;

2) улучшать показатели энергетической эффективности за счёт снижения: удельного расхода электрической энергии и дизельного топлива на перевозку грузов и пассажиров; расхода электрической энергии на производственные нужды; удельного расхода котельно-печного топлива на выработку тепловой энергии; расхода тепловой энергии на производственные нужды и отопление; потерь тепловой и электрической энергии;

3) качественно улучшать структуру управления потреблением энергетических ресурсов на основе современных информационных технологий, систем учета, прогрессивных методов нормирования и мониторинга потребления ТЭР;

4) увеличивать объём рекуперируемой энергии и повышать эффективность её использования;

5) повышать эффективность работы собственных энергоисточников.

Для выполнения поставленных целей необходимо:

– совершенствование системы организации и управления перевозочным процессом, на основе проведенных тяговых расчетов, с целью оптимизации расхода ТЭР;

– дальнейшая модернизация подвижного состава;

– дальнейшая электрификация обслуживаемых участков Белорусской железной дороги;

– модернизация электросетевого комплекса;

– модернизация котельных с целью вывода из эксплуатации объектов с низкой энергоэффективностью и оптимизация состава котельного оборудования под имеющиеся нагрузки;

– модернизация тепловых сетей с целью ликвидации протяженных сетей, а также применения современных материалов, обеспечивающих низкий уровень потерь тепловой энергии;

– совершенствование систем отопления и освещения;

– совершенствование технологии эксплуатации и ремонта инфраструктуры железнодорожного транспорта и подвижного состава с использованием современного энергосберегающего оборудования;

– передача непрофильных активов;

– автоматизация учета, анализа, планирования и нормирования расхода ТЭР.

Для обеспечения реализации основных задач Стратегии, учитывая основные показатели, доведенные Советом Министров Республики Беларусь до Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, а также меры, направленные на рациональное потребление ТЭР, определены ключевые показатели (таблица 2) на период 2021–2025 гг. и перспективу до 2030 г.

Таблица 2

Показатель	Год					
	2021	2023	2025	2026	2028	2030
Удельный расход дизельного топлива на тягу поездов, кг/10^4 т·км брутто	28,4	27,9	27,4	27,1	26,7	26,3
Удельный расход электрической энергии на тягу поездов, кВт·ч·10^4 т·км брутто	118,3	117,8	117,5	117,4	117,2	117,0
Удельный расход энергоресурсов на выработку тепловой энергии в котельных производительностью от 0,5 Гкал/ч, кг у.т./Гкал	158,9	158,7	158,5	158,4	158,2	158,0
Потери в тепловых сетях, %	10,29	10,27	10,25	10,24	10,22	10,20

Положения Стратегии Белорусской железной дороги на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года должны стать основой при разработке планов развития отраслевых хозяйств.

УДК 629.4.03:658.53

ОЦЕНКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАСХОДА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ МЕТОДАМИ РЕГРЕССИОННОГО И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

М. Ю. ПАШКАВЦОВ, П. А. САХАРОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Обоснованное прогнозирование расхода топлива может служить стимулом для его выполнения локомотивными бригадами и источником экономии топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов. Расход топлива можно сократить путем грамотного экономически обоснованного управления поездами. Совершенствование ведения поездов является наиболее доступным и наименее затратным мероприятием, направленным на снижение расхода топлива и обладающим значительным потенциалом. Доказательством последнего утверждения служит опыт локомотивных депо, показывающий существенное снижение расхода топлива на тягу поездов при обучении менее опытных машинистов более опытными, которые в большинстве случаев работают с экономией. Для определения потенциальной возможности экономии расхода топлива могут использоваться существующие методы нормирования расхода. Однако развитие компьютерных технологий позволяет для этой цели использовать более сложные, и предположительно более достоверные, модели.

Разработано две модели прогнозирования расхода дизельного топлива на тягу поездов в грузовом движении: регрессионная модель, основанная на регрессионном анализе статистических данных из маршрутов машинистов, и имитационная модель, базирующаяся на дифференциальном уравнении движения поезда. Цель работы – оценить целесообразность использования разработанных моделей, определить наиболее подходящую из них для использования при прогнозировании расхода топлива.

Имитационное моделирование основано на решении дифференциального уравнения движения поезда, учитывающем эмпирические выражения, представленные в Правилах тяговых расчетов [1]. Исходными данными в модели служат технико-экономические характеристики локомотива, тип, количество и масса вагонов, характеристики продольного профиля пути. Моделью учтены промежуточные позиции контроллера машиниста тепловоза, его паспортные тяговые и расходные характеристики. Это существенно усложнило математическое описание, но позволило оценивать изменение характеристик движения и расхода топлива на каждой позиции, значительно расширило возможности моделирования.

Для оценки работы модели в качестве исходных данных приняты статистические данные Белорусской железной дороги за период с 01.01.2020 по 31.12.2020. Информация по поездкам взята для участков пути Гомель – Лунинец и Гомель – Осиповичи с помощью базы данных автоматизированной системы интегрированной обработки маршрутов машиниста (АС ИОММ). Для обеспечения возможности моделирования потребовалась обработка отчетов различных форм, необходимые данные из которых сведены в отдельные таблицы и в дальнейшем использованы для расчетов. Результаты моделирования представляются в виде зависимостей скорости и времени движения поезда от пройденного пути. По расходным характеристикам с учетом использованных позиций контроллера машиниста определяется величина суммарного расхода топлива, которая принимается в качестве прогнозного значения расхода топлива на поездку.

Как видим, имитационная модель достаточно трудоемка как при разработке, так и при ее использовании с целью определения расхода дизельного топлива. Более упрощенным является способ, при котором на основании накопленных статистических данных производится регрессионный анализ и строится уравнение регрессии. Полученное уравнение можно использовать для анализа расхода топлива, т. е. рассматривать его в качестве упрощенной модели прогнозирования расхода топлива.

Для построения регрессионной модели прогнозирования расхода топлива произведена обработка статистических данных по поездкам, выполненным локомотивами серий 2ТЭ10МК(УК) в локомотивном депо Гомель за период с 01.01.2020 по 31.12.2020. Всего отобрано 8240 поездок, которые в дальнейшем проанализированы на предмет их корректности. Так, из общего количества маршрутов было отброшено 3506 по причинам отсутствия информации по выполненной работе (локомотив двигался в одиночном следовании) и недопустимых значений осевой нагрузки (более 23,5 т/ось).

В качестве нормообразующих факторов для регрессионной модели приняты следующие характеристики движения поезда: выполненная перевозочная работа, масса состава, средняя осевая нагрузка, техническая скорость движения поезда, участковая скорость движения поезда, время поезда в движении, время стоянок. На основании отобранных статистических данных сформирована таблица, обработка которой средствами анализа данных табличного редактора Microsoft Ecxel, позволила определить искомые коэффициенты уравнения регрессии. Оценка результатов регрессионного анализа показала высокую достоверность полученной зависимости. Коэффициент детерминации *R*-квадрат составил более 0,98, а стандартная ошибка не превысила 144. Согласно расчетам, регрессионная модель расхода топлива *E*, кг, тепловозами серии 2ТЭ10МК(УК) имеет вид

$$E = 0{,}684\,A + 0{,}024\,Q - 5{,}621\,q_0 + 1{,}971\,v_{т} - 1{,}701\,v_{уч} + 2{,}786\,t_{дв} - 0{,}12\,t_{ст}, \qquad (1)$$

где A – работа, 10^3 т·км; Q – масса состава, т; q_0 – масса, приходящаяся на ось колесной пары, т/ось; $v_{т}$ – техническая скорость, км/ч; $v_{уч}$ – участковая скорость, км/ч; $t_{дв}$ – время движения, мин; $t_{ст}$ – время стоянок, мин.

По разработанной регрессионной модели прогнозирования расхода топлива определен расход топлива для поездов, ранее рассмотренных с помощью имитационной модели движения поезда. Полученные результаты проанализированы и построены гистограммы распределения отклонений прогнозируемого расхода от фактического. Гистограммы отклонения расхода топлива, определенного по регрессионной и имитационной моделям, от фактического расхода для поездов участка Гомель – Лунинец представлены на рисунке 1, *а*, для участка Гомель – Осиповичи – на рисунке 1, *б*.

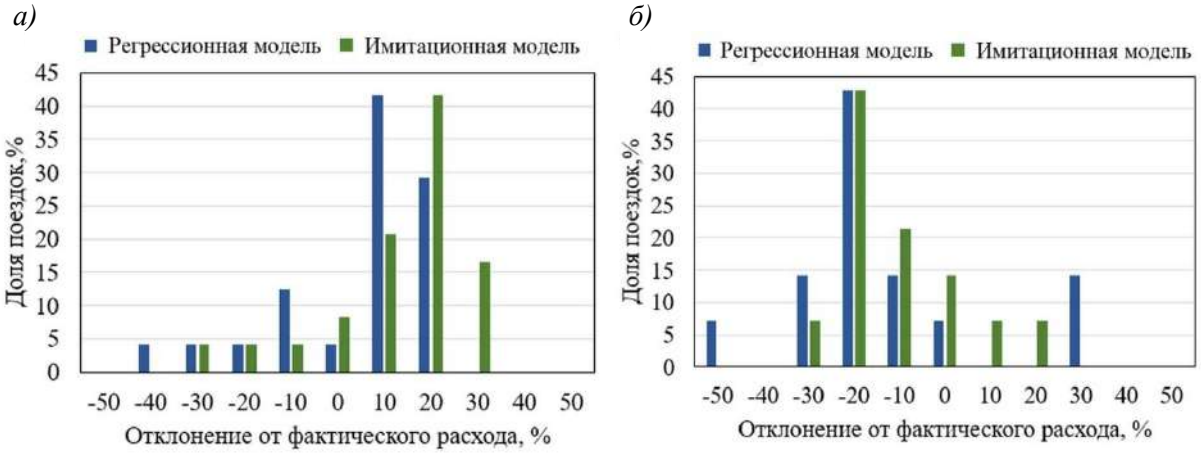


Рисунок 1 – Гистограммы распределения отклонений прогнозируемого расхода топлива от фактического для поездов на различных участках обращения:
а – Гомель – Лунинец; *б* – Гомель – Осиповичи

Результаты расчетов показали, что для участка Гомель – Лунинец прогнозные значения расхода топлива, полученные с помощью регрессионной модели, в целом имеют меньшие отклонения от факта, чем значения, полученные путем моделирования движения поезда. Для поездов участка Гомель – Осиповичи ситуация обратная. Для регрессионной и расчетной моделей определено среднеквадратическое отклонение прогнозных величин от фактического расхода топлива. Наименьшее значение соответствует регрессионной модели. Исследования других авторов [2] подтверждают достаточно высокую точность определения расхода дизельного топлива с помощью регрессионных моделей, что указывает на перспективность дальнейших исследований в данном направлении.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование регрессионной модели при прогнозировании расхода дизельного топлива более целесообразно, поскольку точность прогнозирования не уступает имитационной модели движения поезда, а ее построение и использование значительно проще и менее трудоемко.

Список литературы

1 Правила тяговых расчетов для поездной работы : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 12 мая 2016 г. № 867р. – 2016. – 514 с.

2 **Френкель, С. Я.** Совершенствование нормирования расхода энергоресурсов на тягу поездов / С. Я. Френкель, В. В. Володько // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году науки: в 2 ч. Ч. 1. (23–24 нояб. 2017 г., Гомель). – Гомель, 2017. – С. 172–174.

УДК 628.477:662.8.053.33

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТОПЛИВНЫХ ФИЛЬТРОВ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

А. Н. ПЕХОТА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Б. М. ХРУСТАЛЕВ
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Топливные фильтрующие элементы позволяют увеличить ресурс топливной системы и газопоршневой группы двигателей внутреннего сгорания за счет очистки потоков топлива от вредных примесей, оказывающих существенное влияние на износ деталей агрегатов и оборудования, а значит, на их эффективность.

В процессе эксплуатации транспортных средств и механизированного оборудования топливные фильтрующие элементы необходимо периодически заменять, что и делается в соответствии с техническими регламентами, устанавливаемыми производителями. Между тем отработанные топливные фильтрующие элементы представляют собой антропогенную опасность для окружающей среды и требуют экологически безопасных способов утилизации [1].

По данным УГАИ МВД, в прошлом году в Республике Беларусь было зарегистрировано более 3,685 млн автомобилей, что на 2 % больше, чем годом ранее, и составляет прибавку в 73 тыс. авто. При этом количество автомашин на 1000 жителей составляет 344 автомобиля, что на 2,4 % больше, чем годом ранее. При этом количество автотранспорта, принадлежащего предприятиям и организациям, выросло всего на 0,08 %. По количеству автомобилей на душу населения в мире Беларусь занимает 49 место (362 автомобиля) в международном рейтинге, состоящем из 192 стран мира, расположившись между Россией и Малайзией, у которых количество автомобилей на душу населения составляет 369 и 361 соответственно [9].

В большинстве городов пункты сбора этих отработанных устройств и предприятия по их переработке отсутствуют. Как правило, отработанные топливные фильтры складируют вместе с отходами металлов или твердыми бытовыми отходами, а чаще всего просто выбрасываются.

На рисунке 1 представлена диаграмма содержания ресурсоценных компонентов в отработанных топливных фильтрах.

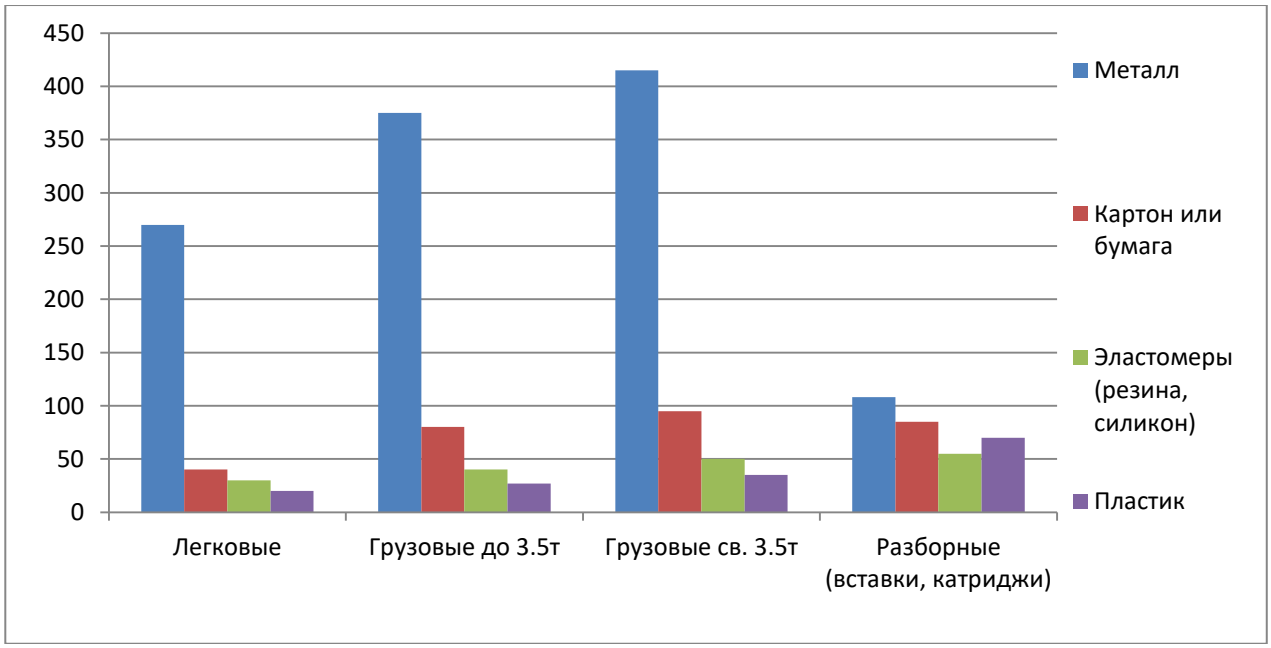


Рисунок 1 – Диаграмма содержания ресурсоценных компонентов в отработанных топливных фильтрах

Одним из самых токсичных материалов топливного фильтра является его фильтрующий элемент, в качестве которого используются изготовленные специальным образом бумага или картон, имеющие высокую прочность, пористость и, как правило, пропитанные смолами для придания водостойкости. Утилизация фильтрующих элементов топливных фильтров представляет собой особую проблему, решением которой является использование фильтрующего элемента в качестве компонента при производстве твердого топлива методом брикетирования многокомпонентных составов.

Систематизированные данные о содержании ресурсоценных компонентов в топливных фильтрах разных видов транспорта представлены в сравнительной диаграмме на рисунке 1. Они показывают, что при утилизации отработанных фильтров с учетом зарегистрированного в ГАИ Республики Беларусь транспортного сектора экономики (без учета спецтехники, комбайнового и тракторного парков) можно извлечь значительные объемы вторичных ресурсов (при замене фильтра 1 раз в год):

– по легковому автотранспорту – не менее 690,3 т металлолома, 343,5 т насыщенной нефтепродуктами фильтровальной бумаги или картона, 36,1 т эластомеров;

– по грузовому и автобусному автотранспорту – не менее 207,9 т металлолома, 112,2 т насыщенной нефтепродуктами фильтровальной бумаги или картона, 24,7 т эластомеров.

Разработанная технология производства ТТМ обеспечивает достаточно полное сжигание используемых в нем горючих материалов, полученное топливо имеет хорошие теплотехнические характеристики, соответствует требованиям транспортировки и хранения, сохраняя при этом свойства и качественные характеристики горючей массы [2–5].

Разработанная технология получения ТТМ является универсальной для использования широкого спектра отходов и основывается на брикетировании отходов сыпучих (измельченных) отходов биомассы (древесные отходы, сельскохозяйственные, лесозаготовительные, лигнин, сапропель и т. п.) или даже некондиционных горючих минеральных ресурсов (уголь, торф и т.п.), которые смешиваются со связующим компонентом. В качестве связующего компонента используются вязкие нефтесодержащие отходы с добавлением насыщенных нефтепродуктами фильтровальных материалов (в измельченном состоянии), применяемых в топливных фильтрах [6–8, 10].

Проведенные исследования и производственный опыт объективно доказывают, что использование ТТМ имеет большой потенциал, экономически выгодно и позволяет решать важные экологические и социальные задачи, связанные с энергосбережением, в том числе и на транспорте.

Установлено, что использование фильтрующих элементов в качестве компонента при производстве твердого топлива методом брикетирования многокомпонентных составов позволяет экологически безопасно утилизировать этот вид отхода.

Список литературы

1 **Хрусталев, Б. М.** Технология эффективного использования углеводородсодержащих отходов в производстве многокомпонентного твердого топлива / Б. М. Хрусталев, А. Н. Пехота // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2016. – № 2. – С. 122–140.

2 **Хрусталев, Б. М** Многокомпонентное твердое топливо на основе малоиспользуемых отходов / Б. М. Хрусталев, А. Н. Пехота // Энергетика и ТЭК. – 2011. – № 11. – С. 16–19.

3 Способ получения топлива твердого многокомпонентного / А. Н. Пехота, Б. М. Хрусталев ; пат. 18408 Респ. Беларусь зарегистрирован в государственном реестре изобретений 09.04.2014.

4 Состав для брикетирования топлива многокомпонентного / А. Н. Пехота, Б. М. Хрусталев ; пат. 18463 Респ. Беларусь зарегистрирован в государственном реестре изобретений 22.04.2014.

5 Состав для брикетирования топлива многокомпонентного / А. Н. Пехота, Б. М. Хрусталев ; пат. 18130 Респ. Беларусь зарегистрирован в государственном реестре изобретений 24.12.2013.

6 **Хрусталев, Б. М.** Энергоэффективное многокомпонентное твердое топливо на основе малоиспользуемых отходов / Б. М. Хрусталев, А. Н. Пехота // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 11-й Междунар. науч.-техн. конф. : в 4 т. Т. 1. – Минск : БНТУ, 2013. – С. 146.

7 **Хрусталев, Б. М.** Композиционное твердое топливо на основе вторичных горючих отходов / Б. М. Хрусталев, А. Н. Пехота // Энергоэффективность. – 2016. – № 4. – С. 18–22.

8 **Хрусталев, Б. М.** Технология эффективного использования углеводородсодержащих отходов в производстве многокомпонентного твердого топлива / Б. М. Хрусталев, А. Н. Пехота // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2016. – Т. 59, № 2. – С. 122–140.

9 Использование элементов масляных фильтров в энергоресурсосбережении / Б. М. Хрусталев [и др.] // Энергетическая Стратегия. – 2019. – № 6. – С. 45–49.

10 **Пехота, А. Н.** Экологическая безопасность сжигания двухкомпонентного твердого топлива / А. Н. Пехота, Ю. А. Пшеничнов // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. / Гомельский обл. комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012. – С. 201–203.

УДК 629.4.084.1

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ТЯГЕ ПОЕЗДОВ

Ю. Г. САМОДУМ, А. П. ДЕДИНКИН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одной из важнейших задач народного хозяйства Республики Беларусь является обеспечение рационального использования топливно-энергетических и материальных ресурсов. На ее решение направлен Указ Президента Республики Беларусь № 161 от 29.03.2002 г. «О неотложных мерах по обеспечению сохранности и эффективности использования горюче-смазочных материалов», а также постановление Совета Министров Республики Беларусь № 806 от 31.05.1999 г. «О совершенствовании организации нормирования затрат на производство и реализацию товаров (продукции, работ, услуг)».

Основным элементом железнодорожной инфраструктуры, определяющим ее эксплуатационные показатели, является локомотив – тепловоз или электровоз. Соответственно, удельные затраты энергоресурсов на перемещение грузов и пассажиров во многом определяются находящимся в эксплуатации локомотивным парком. Выполненный анализ эксплуатационной работы Белорусской железной дороги позволяет сделать следующие выводы:

– в расходах дороги на электроэнергию наиболее высока доля локомотивного хозяйства, она составляет в среднем 82–86 %;

– в расходах отделений на электроэнергию доля локомотивного хозяйства составляет от 11 % (НОД-6) до 94 % (НОД-1);

– на Гомельском отделении за последние пять лет доля локомотивного хозяйства в формировании расходов на электроэнергию выросла с 42 до 71 %;

– в расходах Белорусской железной дороги на топливо доля локомотивного хозяйства еще более существенна и составляет около 93 %. Вторым по значимости является хозяйство пути, его удельный вес – около 3 %.

Кроме того, за прошедшую пятилетку сформированы следующие результаты работы:

– доля расходов на топливо и электроэнергию для тяги поездов остается достаточно стабильной на уровне примерно 16 %;

– за 2015–2019 годы в расходах на топливно-энергетические ресурсы выросла доля тяговой составляющей. При этом, если по топливу прирост за пять лет составил 2,04 %, то по электроэнергии данный показатель вырос на 4,9 %;

– достаточно четко прослеживается тенденция увеличения доли расходов на электроэнергию и снижения доли расходов на топливо в структуре расходов на топливно-энергетические ресурсы для тяги. Например, если в 2015 году доля электроэнергии в расходах ТЭР на тягу составляла 32,94 %, то в 2018 году этот показатель был на уровне 39,58 %. Тем не менее, доля топлива в расходах на ТЭР для тяги поездов пока доминирует и по состоянию на 2019 год составляет 63,89 %. Связано это с тем, что на Белорусской железной дороге основной объем грузовых перевозок осуществляется на теплотяге. При этом следует отметить четкую тенденцию увеличения доли электротяги в объемах перевозочной работы, при этом в пассажирских перевозках, начиная с 2017 года, данный вид тяги стал доминирующим;

– в расходах Белорусской железной дороги по видам перевозок (грузовые и пассажирские) доля расходов на ТЭР для тяги сложилась на уровне 5–7 %. Исключение составляют только грузовые перевозки на теплотяге, по которым доля расходов на топливо для тяги составляет от 11,4 % в 2018 году до 12,99 % в 2015 году от общей суммы расходов по этому виду перевозок.

В настоящее время на сопредельных железных дорогах реализуется значительное количество энергосберегающих мероприятий по снижению расхода топлива и электрической энергии на тягу поездов. Внедряются мероприятия, направленные на модернизацию локомотивного парка с целью улучшения его технических характеристик и показателей энергоэффективности. К их числу можно отнести системы автономного прогрева тепловозов, системы автоведения с регистратором параметров движения, системы регистрации и анализа параметров работы и учета дизельного топлива, системы электронного управления подачей топлива, модернизацию тепловозов с заменой дизелей на более экономичные и пр.

Приоритетными направлениями в области обновления и модернизации локомотивного парка являются:

– модульный принцип построения локомотива с системой распределенной тяги;

– использование бортовых систем диагностики для предотвращения критических ошибок локомотивных бригад и сокращения времени простоя локомотивов на ремонте;

– увеличение коэффициента мощности для электровозов переменного тока с асинхронным тяговым приводом;

– оптимизация режимов ведения поезда, в основе которых заложен принцип минимума потребляемой энергии при выполнении графика движения и ограничения величин продольных динамических сил в составе поезда;

– адаптация локомотивов к изменяющимся условиям работы как за счет изменения характеристик новых серий, так и дооборудования эксплуатируемых серий дополнительным пакетом систем и устройств;

– снижение сопротивления движению за счет улучшения аэродинамических характеристик подвижного состава и состояния пути;

– снижение неподрессоренных масс, как следствие – износа бандажей колесных пар и улучшение ходовых характеристик при прохождении кривых участков пути;

– повышение коэффициента полезного действия локомотива во всем диапазоне мощности;

– повышение эффективности применения рекуперативного торможения и использования энергии рекуперации;

– внедрение систем автоведения с регистратором параметров движения;

– приобретение скоростных пассажирских локомотивов с асинхронным приводом переменного тока;

– приобретение мультисистемных электровозов;

– использование малогабаритных накопителей энергии на подвижном составе;

– разработка энергетических диаграмм участков работы железных дорог, определяющих предельные уровни рекуперации электрической энергии;

– применение компенсаторов реактивной мощности на электровозах в оптимальном сочетании со стационарными устройствами в системе тягового электроснабжения;

– использование гибридных локомотивов;

– ремоторизация и использование на тепловозах и дизель-поездах двигателей нового поколения;

– развитие автоматизированных систем регистрации и анализа параметров работы и учета электрической энергии и дизельного топлива;

– создание программно-аппаратного комплекса оперативного контроля энергетической эффективности использования тягового подвижного состава с техническим прогнозированием ТЭР и выдачей рекомендаций по снижению энергоемкости по каждой поездке;

– внедрение автоматизированных систем прогрева маневровых и магистральных тепловозов.

Для условий Белорусской железной дороги приемлемыми являются следующие мероприятия:

– сокращение доли локомотивов и МВПС с истекшим нормативным сроком службы и низкой энергоэффективностью (вывод из эксплуатации тепловозов серий М62, ЧМЭ3);

– модернизация тепловозов и дизель-поездов с использованием современных двигателей внутреннего сгорания (модернизация дизель-поездов серии ДР1Б с заменой двигателя М756Б2 на Caterpillar C32, модернизация тепловозов ДМ62 с заменой дизеля 14Д40 на 12Д49М);

– электрификация участков обращения и переход на электрическую тягу (переход на электрическую тягу участков Жлобин – Калинковичи – Барбаров; Барановичи – Лунинец – Калинковичи);

– использование автоматизированных систем регистрации и анализа параметров работы и учета расхода топливно-энергетических ресурсов подвижным составом (оснащение локомотивов серий М62, 2М62, ЧМЭ3 электропоездов ЭР9 комплексом КПД-3; оснащение электровозов ВЛ80С и электропоездов ЭР9 блоками УКНБ) с передачей информации на аналитический (АСКУЭ) сервер;

– совершенствование системы прогнозирования расхода топлива и электрической энергии на тягу поездов (разработка программного обеспечения, обеспечивающего автоматизацию процесса планирования расхода энергоресурсов на поездку в рамках проекта «Информационно-аналитическая система управления локомотивами и бригадами»);

Снижение основного сопротивления движению (увеличение доли бесстыкового пути, замена рельсов Р50 на рельсы Р65 на главных путях).

УДК 658.264(476.2)

ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ФИЛИАЛА «ГОМЕЛЬОБОИ» ОАО «ЦБК-КОНСАЛТ»

М. В. ШЕВЕЛЁВА, С. Н. КОЛДАЕВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Объектом исследования является котельная предприятия, основным видом деятельности которого является производство товаров народного потребления (обои, бумажные изделия). Энергосбережение на предприятии является одной из самых актуальных проблем и приоритетных задач, с которыми сталкивается промышленность. Это связано с дефицитом основных энергоресурсов, постоянным ростом стоимости энергии. Энергосберегающие мероприятия позволят значительно сократить затраты на энергоносители, тем самым энергосбережение оказывает положительное воздействия на технико-экономические показатели работы предприятия.

Источником теплоснабжения предприятия служит собственная котельная с паровыми котлами ДКВР 10/13 (2 шт.) и ДКВР 6,5/13. Котельная введена в эксплуатацию в 1961 г. Номинальная паропроизводительность котлов ДКВР 10/13 и ДКВР 6,5/13 составляет 10 т/ч и 6,5 т/ч соответственно. В зимний период в эксплуатации находится один котел ДКВР 10/13, обеспечивая отопительно-вентиляционную нагрузку, нагрузку горячего водоснабжения и технологических нужд. В летний период в эксплуатации находится котел ДКВР 6,5/13.

Поскольку в настоящее время изменилась структура теплопотребления предприятия, в частности, более не производится отпуск тепла в городские тепловые сети, рекомендуется произвести реконструкцию на источнике тепла: ликвидацию длинных теплотрасс с введением парогенератора меньшей мощности и передачу тепловых нагрузок части подразделений на ТЭЦ-1.

Экономическое обоснование перехода на автономное теплоснабжение цеха № 1 с использованием парогенератора меньшей мощности основано на снижении непроизводительных потерь при транспорте теплоносителя и повышении фактического КПД котлоагрегата.

Децентрализация теплоснабжения цеха № 1 глубокой печати будет заключаться в установке котла паропроизводительностью 4 т/ч рядом с цехом, данный котел будет покрывать потребности в тепловой энергии цеха № 1 и близлежащих зданий, таких как участок виниловых обоев, столярный цех, РМЦ, цех печатных форм.

Существующий котел ДКВР 6,5/13 работает с недогрузкой в 40 %. На рисунке 1 представлена зависимость КПД котла от нагрузки [3].

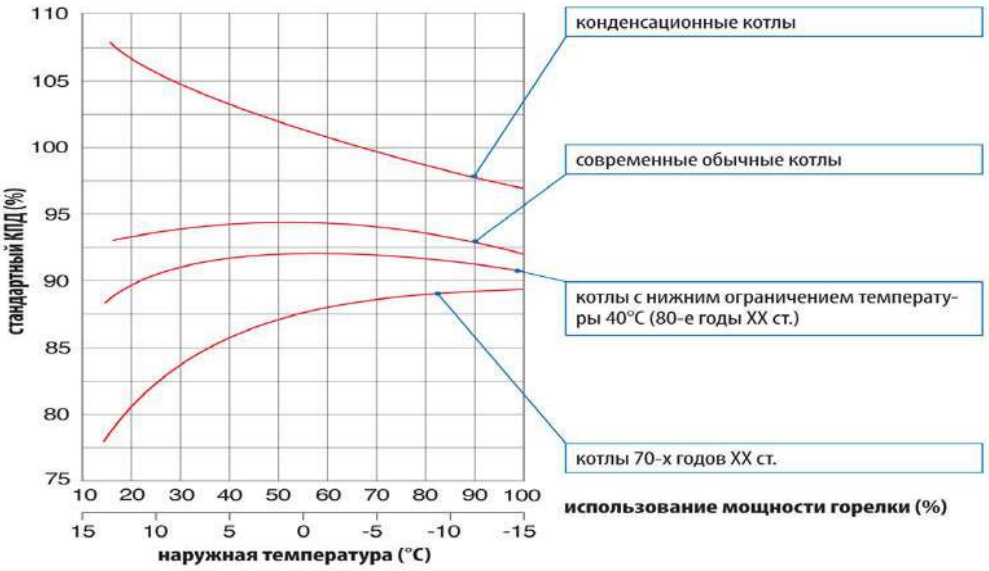


Рисунок 1 – Зависимость КПД котла от нагрузки

Исходя из рисунка 1 видно, что при недогрузке котла в 40 % КПД снизится с 89 до 86 %.

Основными потребителями тепловой энергии в виде пара являются обоепечатные машины, находящиеся в цехе № 1.

В качестве устройства теплоснабжения подобран паровой котёл ДСЕ-4-14ГМ [4].

Экономия тепловой энергии обусловлена более высоким КПД котла, а также ликвидацией потерь по паропроводу и конденсатопроводу: предполагается демонтаж паропровода длиной 163 м и двух конденсатопроводов длиной 354 м, суммарные теплопотери которых составляют 161,88 Гкал/год и демонтаж участка теплотрассы № 1 (подающего и обратного трубопроводов) длиной 192 м, теплопотери которого составят 62,51 Гкал/год.

Общая экономия топлива от ликвидации длинной теплотрассы составит 122,2 т у.т.

При введении парогенератора меньшей мощности в непосредственной близости от потребителя, который покроет нужды в тепловой энергии цеха № 1 и близлежащих зданий, оставшиеся здания, такие как Мета-Пак, АБК, ремонтно-строительная служба, склад и транспортный цех, будет снабжать теплом существующая котельная, при этом котел ДКВР 6,5-13 будет работать с недогрузкой в 65 %, что снизит КПД котла до 84 % (см. рисунок 1). Поэтому предлагается подключить объекты подразделений филиала «Гомельобои» к Гомельской ТЭЦ-1. Для этого необходимо осуществить подбор сетевого насоса и теплообменника. Установки теплосетей не требуется, так как филиал снабжал близлежащую часть города тепловой энергией.

Экономия топлива при передаче тепловых нагрузок с котельной на ТЭЦ и подключении к ТЭЦ нагрузок вновь вводимых потребителей составит 63,5 т у.т.

Перспективный план энергосбережения представлен в таблице 1.

Таблица 1 – **Перспективный план энергосбережения на 2021–2025 гг.**

Мероприятие	Годовой экономический эффект		Ориентировочный срок внедрения, год	Капиталовложения, руб.	Срок окупаемости, лет	Условия выполнения мероприятий		
	т у.т.	руб.				Модернизация действующего оборудования	Замена устаревшего оборудования	Разработка нового оборудования
Передача тепловых нагрузок на ТЭЦ	63,5	33814	2022	31036	0,9		+	
Ликвидация длинных теплотрасс	122,2	66478	2023	150344	2,3		+	

Модернизация системы теплоснабжения по проекту позволит снизить энергопотребление филиала «Гомельобои» ОАО «ЦБК-Консалт» на 185,7 т у.т. в год, что соответствует снижению расхода топлива на 11 %. Это позволит сократить расходы филиала «Гомельобои» на энергоресурсы на 98,94 тыс. руб./год. Экологический эффект от внедрения мероприятий следующий: снижение выброса азота оксидов составило 0,26 т/год, что составляет 29,7 % от первоначального значения 0,37 т/год; снижение выброса оксида углерода составило 0,13 т/год, что составляет 23,5 % от первоначального значения 0,17 т/год.

Список литературы

1 **Назаров, В. И.** Децентрализованное теплоснабжение – альтернатива централизованному / В. И. Назаров, Л. А. Тарасевич, А. Л. Буров // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2012. – № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/detsentralizovannoe-teplosnabzhenie-alternativa-tsentralizovannomu. – Дата доступа : 25.08.2021.

2 **Доронин, М. С.** Сравнительная эффективность децентрализованного теплоснабжения / М. С. Доронин // Наука, техника и образование. – 2018. – № 8 (49) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnaya-effektivnost-detsentralizovannogo-teplosnabzheniya. – Дата доступа : 25.08.2021.

3 КПД газового котла [Электронный ресурс] / ECO-KOTLY.RU. – Режим доступа : https://eco-kotly.ru/kpd-gazovogo-kotla-ot-cego-zavisit-i-kak-ego-uvelicit. – Дата доступа : 25.08.2021.

4 Завод котельного оборудования ПСК КВАНТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://kvantrf.ru/kotly-parovye-de-ke-prirodnyj-szhizhennyj-gaz-mazut-dizelnoe-toplivo-neft. – Дата доступа : 25.08.2021.

5 Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью до 25 МВт = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Атмасфера. Выкіды забруджвальных рэчываў у атмасфернае паветра. Парадак вызначэння выкідаў пры спальванні паліва ў катлах цеплапрадукцыйнасцю да 25 МВт : ТКП 17.08.01–2006 (02120). – Введ. 01.05.2006. – Минск : Минприроды, 2009. – 47 с.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

УДК 625.717

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ СТОЛКНОВЕНИЙ САМОЛЕТОВ С ПТИЦАМИ НА ПРИМЕРЕ ГОМЕЛЬСКОГО АЭРОПОРТА

Г. В. АХРАМЕНКО, А. С. ГАТАЛЬСКИЙ, В. В. ЧЕРЕУХИН, Е. А. ЗАБРОДСКИЙ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Птицы представляют серьезную угрозу для воздушных судов как во время полета, так и на взлетно-посадочной полосе. Из-за большой скорости движения самолета столкновение с птицей приводит к серьезному повреждению стекла кабины, радиопрозрачного обтекателя, а также турбореактивного двигателя. По данным ИКАО, ежегодно в мире происходит более 15 тысяч авиационных инцидентов, связанных с «бёрдстрайком» (birdstrike) — столкновением самолета с птицами, и это притом, что 80 % из этих столкновений не попадают в сводки – то есть это количество смело можно умножать на 5 (только в США количество «бёрдстрайков» оценивается в 13 тыс. ежегодно). К счастью, благодаря стараниям авиаконструкторов к катастрофам это приводит нечасто: примерно 1 раз на 1 млрд часов налёта, однако ежегодно гражданская авиация во всём мире теряет около 1,2 млрд дол. из-за повреждений, которые получают самолеты от пернатых – от вмятин в обтекателях до списаний бортов после аварийных посадок в кукурузные поля. Чаще всего повреждаются двигатели и стекла кабины пилотов. Около 85 % всех столкновений с птицами происходит на высотах до 100 метров. Это соответственно взлет и посадка, на таких высотах самолет находится только в районе аэродрома, поэтому и занимаются отпугиванием птиц аэродромные службы [1]. В таких летных происшествиях часто гибнут и люди. По мнению отечественных и зарубежных специалистов, эколого-орнитологический фактор в авиации занимает устойчивое третье место после человеческого и отказов авиационной техники по конструктивным причинам.

Проблемой столкновений самолетов с птицами, разработкой биологических и технических мер, предупреждающих столкновения, занимается специальная, недавно возникшая область науки – авиационная орнитология. Эта область получила официальное право на существование в 1965 г., когда в Ницце собрался специальный симпозиум по вопросам защиты самолетов от птиц.

Аэродром и близлежащая территория привлекают птиц по многим причинам. Полоса отчуждения, окружающая аэродром и недоступная посторонним посетителям, предоставляет птицам наилучшие условия для отдыха, кормежки и размножения. Рядом с этим своеобразным «заповедником» – взлетная полоса, где много корма: дождевые черви, грызуны, насекомые. Мусорные свалки, кучи хозяйственных отбросов, соседствующие с аэродромом, – еще один фактор, привлекающий галок, ворон, голубей и других птиц. В силу этих причин на аэродроме и в его окрестностях создается своеобразный аэродромный биоценоз со своими специфическими связями и отношениями, со своей экологией.

Птичье население аэродрома резко увеличивается во время миграций и после появления молодых. В эти периоды птицы представляют особую опасность для самолетов, не только потому, что птиц становится много, но и потому, что среди них большинство составляют неопытные особи, не знакомые с аэродромными условиями и не боящиеся самолетов. Поведение таких птиц по отношению к самолету трудно предугадать.

В настоящее время в мировой практике для отпугивания птиц применяют следующие спецсредства:

– ограничение еды – газоны между взлетно-посадочными полосами и рулежными дорожками засеиваются специальными сортами травы, которую не едят птицы, на территории аэропорта отсутствуют открытые мусорные баки, а в непосредственной близости стараются не делать открытых свалок и помоек;

– визуальные отпугиватели – «диско-шары», которые вешают на столбиках примерно в полутора метрах от земли. В темное время суток эффективны лазерные отпугиватели – они формируют движущиеся лучи, которые не нравятся птицам;

– звуковые отпугиватели – птицы боятся резких звуков, поэтому на аэродромах часто можно встретить газовые хлопушки (в них поджигается определенный объем пропана, создавая хлопок громкостью до 130 дБ) – современные модели даже оснащены детекторами птиц и срабатывают только тогда, когда те прилетают; более простые устройства активируются вручную или по расписанию. Также используется пиротехника (сигнальные ракеты) и стрельба холостыми патронами;

– химические отпугиватели – эти методы пришли из сельского хозяйства, где давно распыляют метилантранилат и антрахинон. В некоторых странах эти вещества запрещены, поскольку являются канцерогенами;

– релокация и отстрел – при наличии крупных гнездовий птиц рядом с аэропортом их могут искусственно перенести на другое место; менее экологичным способом является отстрел. Так, в начале 1990-х годов в окрестностях аэропорта Джона Кеннеди в Нью-Йорке за два года было уничтожено свыше 28 тысяч чаек, что снизило количество столкновений с ними на 89 %;

– хищные птицы – в некоторых аэропортах «работают» дрессированные ловчие птицы: соколы и ястребы, задача которых в том, чтобы напугать «непрошенных гостей» и т. д. [1, 2].

В Гомельском аэропорту, который является запасным для Национального аэропорта Минск, для решения проблемы устранения столкновений птиц с самолетами в текущем году была приобретена громпушка DBS-MC. Подавляющее большинство громпушек обладают площадью изгнания животных не менее двух гектар, но можно значительно увеличить этот показатель за счет дополнительного приспособления – треноги. При помощи такой стойки прибор крутится вокруг своей оси, благодаря чему возрастает зона распространения отпугивающего фактора (рисунки 1 и 2).

Рисунок 1 – Механический пропановый отпугиватель птиц DBS-MC

Рисунок 2 – Стойка для громпушки DBS-MC

Громпушка представляет собой конструкцию, в которой обязательно объединены следующие компоненты:

– ствол – телескопическая металлическая труба;

– пьезоэлемент, который гарантированно формирует искру в требуемый момент времени, несмотря на погоду и подобные внешние факторы;

– механизм подачи газа;

– блок управления, который задает периодичность подачи газа и срабатывания пъезоэлемента;

– каркас – металлический корпус, на котором размещены все прочие элементы, а также защитные внешние панели, защищающие уязвимые части отпугивателя от воздействия атмосферных осадков, пыли и подобных нежелательных факторов;

– емкость с газом – любой бытовой резервуар с пропан-бутаном или любым другим горючим газом.

Для устрашения птиц механизм подачи горючего периодически «наполняет» ствол громпушки, а в нужный момент блок управления задействует пъезоэлемент. В итоге происходит контролируемый взрыв, который из-за цилиндрической формы ствола издает сильный направленный хлопок. Для телескопических решений за счет изменения длины ствола регулируется звуковая мощность воспламенения, которая может достигать 125 децибел – уровня шума работающего реактивного двигателя. Поэтому столь громкий звук раздается на расстояние не менее одного километра, по пути отпугивая всех пернатых.

Список литературы

1 Столкновения в воздухе: птицы как источник биоповреждений: птицы и угроза для авиации / В. Д. Ильичев [и др.] // Экология и жизнь. – 2011. – № 5. – С. 72–75.

2 **Нестерук, В. Н.** Под крылом безопасности / В. Н. Нестерук // Белорусская думка. – 2009. – № 8. – С. 98–103.

УДК 625.73(477.81)

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕЗДНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ В УКРАИНЕ (г. РОВНО)

Г. В. АХРАМЕНКО, М. И. ШЛЕМЕНКОВА, В. В. ХИХЛУХА, А. Д. МАТУЗОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Основное условие повышения долговечности дорожной конструкции автомобильных дорог, включающей земляное полотно и дорожную одежду – повышение ее несущей способности, что требует существенного усиления конструкций. При этом главной проблемой является обеспечение такого состояния устроенной дорожной конструкции, которое как можно дольше сможет сохранять изначально заданные транспортно-эксплуатационные параметры.

В Республике Беларусь еще в 2008 году Государственным предприятием «БелдорНИИ» был разработан и введен в действие Технический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.03-112-2008 «Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования», содержащий в себе новаторские идеи по усилению конструкций дорожных одежд, которые с успехом применяются в течение уже более 10 лет.

В ТКП закреплено, что срок службы верхнего слоя асфальтобетонного покрытия может быть меньше расчетного срока службы дорожной одежды. Допускается несколько полных замен верхнего слоя асфальтобетонного покрытия между капитальными ремонтами дорожной одежды. В этом случае верхний слой асфальтобетонного покрытия проектируется в виде защитного слоя (толщиной, как правило, до 3,0 см) и в расчете на прочность дорожной одежды не учитывается. Из этого следует, что всю тяжесть воздействия природно-климатических факторов и транспортной нагрузки будет воспринимать нижележащая конструкция, в ходе проектирования которой для достижения, например, коэффициента 0,98 должны быть использованы материалы, обладающие повышенными техническими требованиями [1]. Это открыло дорогу широкому применению геотекстильных материалов.

Например, при конструировании основания используется несущий слой из жестких и сдвигоустойчивых материалов (щебень, щебеночно-песчано-гравийные смеси, а также грунты, укрепленные неорганическим или органическим вяжущим) и дополнительный слой необходимой прочности и сдвигоустойчивости, выполняющий морозозащитные и дренирующие функции. В несущих слоях оснований дорожных одежд, рассчитанных под нагрузку 11,5 и 13 тонн на ось, не допускается использование неукрепленных вяжущими материалов с модулем упругости слоя менее 250 МПа. Модуль упругости слоев основания может быть в определенных случаях повышен путем армирования слоя геосинтетическими сетками со следующими характеристиками:

– с поверхностной плотностью не менее 350 г/м^2;

– с пределом прочности при растяжении не менее 30 кН/м;

– с относительным удлинением волокон при разрыве не более 16 %.

При конструировании земляного полотна, как правило, предусматривается устройство защитного слоя поверх грунта рабочей зоны насыпи из песчано-гравийных смесей, песков из отсева дробления горных пород, гравелистых песков и т. п. Это влечет повышение затрат на доставку материала, при этом и стоимость самого материала достаточно высока.

Поэтому было внесено предложение о том, что вместо защитного слоя возможно применение синтетических геосеток для предотвращения взаимопроникновения материалов смежных слоев.

При конструировании высоких насыпей или насыпей земляного полотна на слабом основании, как правило, обязательным является использование конструкционных приемов в виде, например, технологии «грунт в обойме», «укрепление откосов георешетками» и др., где основным фактором, повышающим надежность конструкции автомобильной дороги в целом, является использование геотекстильных материалов или георешеток с требуемыми по расчету качественными характеристиками (поверхностная плотность, фильтрация, прочность на разрыв и др.).

Опыт строительства автомобильных дорог с использованием геосинтетических материалов в Республике Беларусь с успехом используется и в Украине при строительстве объездной автомобильной дороги г. Ровно.

11 октября 2019 г. «Укравтодор» объявил тендер на строительство объездной дороги города Ровно с ожидаемой стоимостью 822 млн грн. Это один из крупнейших тендеров, которые проводились на Ровенщине. На торгах выиграла самая низкая ставка – 745,9 млн грн. За такие деньги строить первую часть проекта «Северный обход Ровно» согласился белорусский подрядчик – «ДСТ № 2, г. Гомель».

Протяженность дороги составит 14,2 км. Планируется построить развязку возле села Малый Житин. Там построят новый участок дороги протяженностью 6 километров до села Хотин. Далее планируется реконструкция 4-километрового участка в селе Хотин к Ривнеазоту и еще текущий ремонт дороги от Ривнеазота к трассе Н-22.

Северная объездная дорога позволит освободить Ровно от транзитных автомобилей, следующих по трассе М-06 из Житомира и Киева в направлении Луцка и КПП Устилуг – по трассе Н-22. Вывод значительного потока транзитного транспорта за пределы города за счет строительства северной объездной дороги позволит разгрузить городские улицы от транзитного транспорта, сохранить от разрушения покрытие улиц, а также будет способствовать повышению безопасности движения, улучшению экологической ситуации в городе и развитию города Ровно как важного транспортного узла.

Северная объездная – это еще и стратегический проект. Транспортные потоки, которые сконцентрируются вокруг Ровно, дадут местному бизнесу дополнительные логистические выгоды. Это позволит сделать область своеобразным технократическим хабом для Западной Украины.

На первую очередь строительства объездной направят 746 000 000 гривен из госбюджета, это шестикилометровый участок дороги государственного значения Городище – Ровно – Староконстантинов до автодороги Ходосы – Кустин. Белорусские строители, которые выиграли тендер, начали работы еще в прошлом году.

Работая на Ровенщине, белорусские подрядчики зарекомендовали себя только с лучшей стороны – как профессиональные и ответственные специалисты. Поэтому проект – это еще один шаг к укреплению партнерства между Ровенщиной и Беларусью.

В этом году участие в строительстве приняли и студенты 3-го и 4-го курсов строительного факультета Белорусского государственного университета транспорта в составе студенческого строительного отряда. В основном студенты работали на устройстве дорожной одежды.

На основании опыта применения геосинтетического материала в Беларуси материал укладывался между укрепленными и неукрепленными слоями основания дорожной одежды (геосетка, геотекстильное полотно «Дорнит» белорусского производства), а также для укрепления откосов высоких насыпей (геоматы Белорусского производства) на подходах к развязке в разных уровнях (высота насыпи достигала 20 м) (рисунки 1 и 2).

Рисунок 1 – Укладка геосинтетических материалов в слоях дорожной одежды

Рисунок 2 – Укрепление откосов высокой насыпи геоматами

Таким образом, можно утверждать, что повышение сроков службы дорожных одежд может быть достигнуто рациональным внедрением мероприятий по повышению несущей способности дорожных конструкций, что возможно при применении, в частности, геосинтетических материалов самостоятельно или в различных их сочетаниях с другими дорожно-строительными материалами.

Список литературы

1 **Бусел, А. В.** Долговечные одежды / А. В. Бусел, А. И. Смыковский // Дороги Содружества : журнал МСД СНГ. – 2011. – № 3 (22). – С. 31–34.

2 **Смыковский, А. И.** Применение геосинтетиков в дорожном строительстве / А. И. Смыковский. – Минск : Институт дорожных исследований, 2007. – 30 с.: ил.

3 Белорусы построят объездную вокруг Ровно за 746 млн грн [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://biz.liga.net/all/transport/novosti/ukravtodor-zaplatit-belorusam-746-mln-grn-za-obezdnuyu-rovno. – Дата доступа : 19.10.21.

УДК 625.8

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Н. В. БАНДЮК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В современном мире объем потребления полимеров на основе нефтехимического сырья по сравнению с бумагой, металлом, стеклом является достаточно высоким. Наиболее распространенным изделием из пластмасс является упаковка, которая в последствии попадает на свалки. Сроки разложения такого материала составляют десятки и даже сотни лет, а площади для свалок не безграничны. Проблема переработки и утилизации такого рода мусора является актуальной. В ряде стран мира политика увеличения инвестиций в данной сфере стала результатом успешных разработок.

Уже в начале XX века индийские инженеры запатентовали технологию, позволяющую использовать переработанные отходы пластмасс при устройстве асфальтобетонных покрытий. На разработку, позволяющую использовать переработанные ПЭТ бутылки, пластиковые стаканы и пакеты, ушло 5 лет. Результатом разработки стало создание полимерного компонента KK Poly Blend, способного заместить 8 % битума при приготовлении асфальтобетонных смесей. Кроме того, асфальтобетонные покрытия получили улучшенные характеристики с увеличенным ресурсом почти вдвое. Для изготовления KK Poly Blend было переработано 8 тыс. тонн пластиковых отходов и построено 2000 км покрытий дорог.

Опыт инженеров Индии заинтересовал западноевропейских дорожников. В Шотландии после 18 месяцев исследований, запатентовали не менее эффективные добавки на основе переработанного пластика, которые выпускаются в виде гранул и хлопьев, добавляемых вместе с битумом при приготовлении асфальтобетонных смесей.

В Северной Америке лидерами переработки пластиковых отходов в асфальт является канадская компания Green Mantra. Разработки данной компании позволяют использовать до 20 % переработанного пластика при приготовлении асфальтобетонных смесей. Используя эту инновационную технологию, получают асфальтобетонные смеси с пониженной температурой укладки, а асфальтобетоны менее подвержены трещинообразованию и обладают повышенной эксплуатационной надежностью и долговечностью.

В России одним из путей улучшения качества асфальтобетонных покрытий дорог является применение полимер-битумных вяжущих ПБВ. Использование ПБВ отвечает целям государственной целевой программы «Развитие транспортной системы России», согласно которой к 2030 г. в стране должно появиться не менее 20 тыс. км. современных дорог. Существующая практика использования традиционных битумов для дорожного строительства приводит к быстрому изнашиванию дорожного полотна, из-за чего выделяемые государством средства уходят не на строительство новых, а на ремонт старых дорог. Применение ПБВ при ремонте старых дорог дает возможность реже их ремонтировать, а высвобождающиеся средства направлять на строительство новых трасс, способных, в свою очередь, разгрузить старые дороги и продлить срок их службы. ПБВ значительно повышает прочность, трещиностойкость, теплостойкость, сдвигоустойчивость, водо- и морозостойкость дорожного покрытия.

Однако применение полимербитума ограничено по причине высокой стоимости как полимера, так и получаемого в результате вяжущего. Кроме того, возникают и некоторые технологические трудности работы с этим материалом: невозможность длительного хранения и специальные требования к битумохранилищам. Этих трудностей позволяет избежать разработанная в Республике Беларусь модифицирующая добавка – гранулированное резинобитумное вяжущее, которое применяется в холодном состоянии для модификации битума непосредственно в процессе приготовления асфальтобетонной смеси. Внедрение технологии не требует модернизации существующих асфальтобетонных заводов. Применение данного материала позволяет повысить сцепные качества покрытий, снизить уровень шума при движении транспортных средств, увеличить срок службы в 1,5–2 раза, заменить дорогостоящие импортные полимерные модификаторы битума, решить экологическую проблему утилизации изношенных автомобильных шин за счет использования в дорожном строительстве вторичных продуктов.

УДК 625.8

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Н. В. БАНДЮК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Протяженность сети автомобильных дорог общего пользования Республики Беларусь составляет чуть более 87 тыс. км, в том числе республиканских дорог – около 16 тыс. км, местных – 71 тыс. км. Из общей протяженности дорог твердое покрытие имеют 75 567 км (86,9 %). Доля дорог с асфальтобетонными покрытиями составляет 61,8 %, цементобетонными – 1,8 %. Как видно из рисунка 1, наиболее распространенный материал твердого покрытия дорог нашей страны – асфальтобетон.

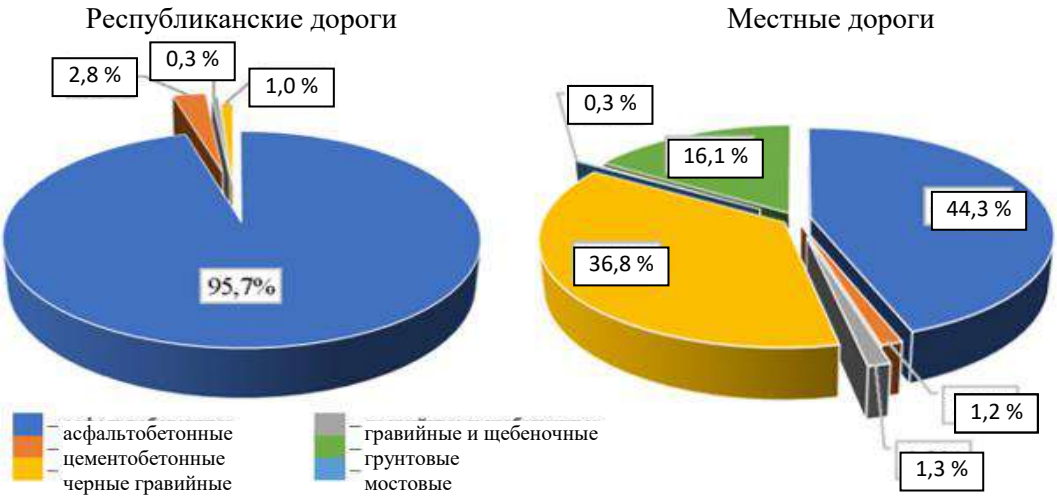


Рисунок 1 – Разновидности покрытий дорог Республики Беларусь

Существующее транспортно-эксплуатационное состояние автомобильных дорог в недостаточной степени удовлетворяет потребности в автомобильных перевозках, так как протяженность дорог, требующих ремонта, составляет 35,4 % для республиканских дорог и 49,4 % – местных.

Для поддержания достаточно высокого уровня транспортно-эксплуатационного состояния сети дорог необходимо производить своевременные ремонты дорог. Основной элемент дорог, который нуждается в усилении и ремонте – дорожная одежда, каждый слой которой имеет свое назначение. С точки зрения водителя наиболее важным элементом дорог является верхний слой дорожной одежды – покрытие. Доля дорог с асфальтобетонным покрытием велика не только в нашей стране, данный вид покрытия распространен на дорогах всего мира. Асфальтобетон – искусственный материал, качество которого зависит не только от мастерства производителей работ по укладке и уплотнению, но и от качества исходных материалов входящих в асфальтобетонную смесь, качества приготовления и других факторов.

В настоящее время технология производства асфальтобетонных смесей претерпела изменения, которые обусловлены в первую очередь постоянными поисками ученых способов увеличения эксплуатационной надежности автомобильных дорог. Были разработаны и внедрены новые асфальтобетонные смеси, например горячие асфальтобетонные смеси с использованием гранулированного резинобитумного вяжущего.

Решая вопросы продления срока службы дорожных покрытий или усиления существующих дорожных одежд, необходимо учитывать факторы, влияющие на качество асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов: внешние (погодно-климатические, нагрузки от колес транспортных средств) и внутренние (физико-механические характеристики материала).

Внешние факторы являются главными, так как от нагрузок на ось автомобиля, повторяемости нагрузки, продолжительности ее приложения зависят величины напряжений, возникающих в монолитных слоях дорожных одежд. Если к высокой транспортной нагрузке добавить высокую температуру окружающего воздуха, которая приведет к размягчению асфальтобетонных покрытий, что повлечет за собой накопление остаточных деформаций, выражающееся в виде волн, наплывов, колей. Чрезмерная влажность грунтов земляного полотна при той же нагрузке приведет к накоплению пластических деформаций в слоях земляного полотна и во всей дорожной одежде. Влияния внешних факторов избежать нельзя, но для продления срока службы дорожных одежд и предотвращения преждевременного разрушения необходимо производить комплекс работ по содержанию участков дорог для минимизации их влияния.

Степень влияния второй группы факторов может быть снижена за счет минимизации ошибок на стадии подбора состава асфальтобетонных смесей, их приготовления, транспортирования, укладки и уплотнения.

Рациональный подбор дорожно-строительных материалов составляющих асфальтобетонную смесь (минеральный материал, вяжущее и добавки) должен производиться с учетом требований по типу, виду и марке смеси, остаточной пористости, содержания вяжущего и должен производиться в соответствии с требованиями СТБ 1033-2016. При подборе крупного заполнителя руководствуются видом, типом и маркой подбираемого состава смеси, толщиной слоя. А выбор вида мелкого заполнителя основывается на необходимости обеспечения требуемой пористости минеральной части и остаточной пористости смеси. Количество вяжущего подбирается исходя по битумоемкости минеральной части и по фактической пористости минерального остова стандартных образцов асфальтобетона. Необходимость и количество добавок (адгезионных, модифицирующих или стабилизирующих) обусловливается требованиями повышения устойчивости асфальтобетона к возникновению пластических деформаций, повышения температурной и усталостной трещиностойкости, коррозионной стойкости. Все материалы, составляющие асфальтобетонную смесь, должны соответствовать требованиям действующих государственных стандартов.

При приготовлении смеси количество материалов должно соответствовать подбору. Требуемая точность дозирования:

1) минеральная часть для смесей марки I типов С, А, Б – не более ±3 %, для остальных смесей – не более ±4 % от общей массы минеральной части;

2) отклонение содержания вяжущего в смесях марки I типов С, А, Б не должно превышать ±0,3 %, для остальных смесей – не более ±0,4 % от общей массы минеральной части смеси.

Перед укладкой покрытий необходимо подготовить нижележащий слой. От качества подготовки зависит качество укладываемого слоя. На старых покрытиях необходимо отремонтировать все дефекты, включая колею более 10 мм. При необходимости произвести выравнивание поверхности старого слоя методом фрезерования или устройства выравнивающего слоя. Произвести обработку очищенной поверхности ремонтируемого покрытия битумом или битумной эмульсией. Температуру смеси следует контролировать на стадиях: перемешивания, выгрузки в накопительный бункер и кузов транспортного средства, в конце процесса транспортирования, в процессе укладки и уплотнения. В процессе укладки покрытий для выравнивания температуры по всему массиву укладываемой смеси необходимо использовать антисегрегационные перегружатели, которые, принимая смесь из автосамосвала, перемешивают ее и подают в бункер асфальтоукладчика. Применение перегружателей также способствует укладке покрытий с наивысшими показателями качества покрытия по ровности.

Параметры работы укладчика, состав звена катков для уплотнения асфальтобетонных слоев и их режимы работы устанавливаются на опытной захватке, которую организуют при первой укладке каждого состава смеси на каждом объекте с протяженностью устраиваемого слоя не менее 100 метров.

Движение транспортных средств по устроенному асфальтобетонному слою можно открывать на дорогах I категории не ранее чем через 6 ч после завершения уплотнения, а на дорогах II категории и ниже – не ранее чем температура поверхности уложенного слоя в тени снизится до температуры, на 20 °С выше температуры окружающего воздуха. Охлаждение поверхности уложенного слоя после завершения уплотнения допускается производить поливом воды с расходом не менее 1 л/м^2.

УДК 625.7:656.13.05

ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ПОДХОДОВ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

С. В. БОГДАНОВИЧ, Д. В. КАПСКИЙ, Е. Н. КОТ
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В Республике Беларусь с 2010 по 2020 год произошло 48 515 дорожно-транспортных происшествий, в которых погибли 8 550 человек, более 51 тыс. человек получили ранения, погибли 384 ребенка (в возрасте до 18 лет), почти 6 тыс. детей получили ранения. В 2020 году произошло 3 599 дорожно-транспортных происшествий, в которых 575 человек погибли, 3 732 получили ранения.

С 2010 года в Республике Беларусь происходит общее улучшение ситуации с дорожно-транспортной аварийностью. Общее количество дорожно-транспортных происшествий сократилось в 1,8 раза, число погибших сократилось в 2 раза, число раненых сократилось в 1,8 раза. Число погибших детей сократилось в 2,8 раза, а число раненых детей уменьшилось в 1,8 раза. Имела место тенденция сокращения дорожно-транспортных происшествий почти по всем их видам. Наиболее устойчиво снижались количество таких видов, как наезд на гужевой транспорт, ДТП с участием транспортного средства и пешехода, лобовые столкновения, опрокидывания. При этом незначительный общий рост за период с 2010 г. отмечается по такому виду дорожно-транспортных происшествий, как «Прочие ДТП».

В 2020 г. к трем наиболее частым видам дорожно-транспортных происшествий относились ДТП с участием транспортного средства и пешехода, столкновение на пересечении дорог или повороте, опрокидывания.

Вместе с тем начиная с 2017–2018 годов отмечается ухудшение показателей. Фиксируется рост общего количества дорожно-транспортных происшествий, рост числа погибших, раненых, увеличение количества ДТП в отдельных видах, а также в преобладающих причинах их совершения.

Постоянный рост, начиная с 2017 года, имеет место по таким дорожно-транспортным происшествиям, как опрокидывание, наезд на велосипедиста. Наиболее существенное увеличение отмечается по такому виду ДТП, как наезд на животное: с 2017 г. произошел рост с 3 до 41 случая. Еще по 4 видам ДТП рост имеет место с 2018 г.

Рассматривая структуру аварийности, следует отметить, что основными видами дорожно-транспортных происшествий в Республике Беларусь являются наезды на пешеходов, опрокидывания, столкновения транспортных средств, в том числе на пересечениях и поворотах дорог, наезды на велосипедистов. В общей сложности на них приходится более 70 % всех происшествий и пострадавших в них.

Более 80 % дорожно-транспортных происшествий в Республике Беларусь происходит по вине водителей транспортных средств, и число таких происшествий увеличивается. Преобладающими причинами совершения ДТП являются нарушение правил проезда пешеходных переходов, управление транспортным средством в состоянии алкогольного опьянения, несоблюдение очередности проезда, превышение скорости. На долю таких ДТП приходится почти 50 % всех случаев.

Рассматривая дорожно-транспортную аварийность в привязке к местам совершения дорожно-транспортных происшествий, следует отметить, что около 56 % дорожно-транспортных происшествий в Республике Беларусь регистрируются на территории городов и населенных пунктов. За 10 лет в них получили ранения 55 % от общего количества раненых за этот период. Количество погибших существенно выше на автомобильных дорогах общего пользования – на них приходится 72 % всех погибших за период с 2010 по 2020 год. При этом как на автомобильных дорогах, так и в населенных пунктах имеет место ухудшение показателей аварийности начиная с 2017–2018 годов.

Рост показателей аварийности в целом соответствует мировому опыту адаптации стран к условиям растущей автомобилизации населения и одновременно подтверждает, что после достижения определенного уровня автомобилизации традиционные практики обеспечения безопасности дорожного движения становятся неэффективными и требуется внедрение качественно иных подходов с учетом складывающейся ситуации в рассматриваемой сфере и имеющих место ресурсных ограничений. При разработке новой редакции Концепции обеспечения безопасности дорожного движения,

осуществляемой в настоящее время, таким подходом принят «Безопасный системный подход», который широко применяется во многих странах мира.

В соответствии с этим подходом человек обладает возможностями и имеет ограничения, которые необходимо максимально полно учитывать при проектировании автотранспортной системы. Участники дорожного движения всегда (по различным причинам) будут совершать ошибки. Во многих случаях эти ошибки и упущения обусловлены факторами взаимодействия между участником дорожного движения и комплексной социальной, организационной и технической средой, в которой формируется его поведение. Поэтому их можно уменьшить путем более глубокого понимания таких факторов и надлежащего проектирования автотранспортной системы, а также разработки соответствующих правил и норм с учетом создавшихся условий с тем, чтобы поведение участников дорожного движения было максимально безопасным.

Однако поскольку человеческие ошибки и упущения нельзя полностью исключить, инфраструктурные компоненты автотранспортной системы и транспортные средства необходимо проектировать уже с учетом (в качестве отправной точки) ограничений скорости и таким образом, чтобы смягчать последствия широко распространенных человеческих ошибок и заблуждений.

На стадии проектирования республиканских автомобильных дорог Концепция обеспечения безопасности дорожного движения предусматривает внедрение в проектирование подхода «дорога, прощающая ошибки» и внедрение аудита безопасности дорожного движения.

«Дорога, прощающая ошибки» – это инструмент предотвращения или смягчения значительного процента дорожно-транспортных происшествий, связанных с ошибками вождения. Поскольку все люди совершают ошибки, водители в конечном итоге и далее будут продолжать делать ошибочные маневры или действия. Более 80 % несчастных случаев обусловлены ошибками водителя. Статистика в разных странах показывает, что около 25–30 % несчастных случаев со смертельным исходом связаны с авариями, вызванными нахождением в придорожной полосе посторонних объектов. Эти аварии в основном вызваны ошибками вождения, которые приводят к выезду с полосы движения или дороги.

«Дорога, прощающая ошибки» определяется как дорога, которая спроектирована и построена таким образом, чтобы мешать развитию дорожных ошибок или блокировать их, а также предотвращать или смягчать негативные последствия ошибок в движении, позволяющие водителю восстановить контроль над транспортным средством либо вернуться на полосу движения без травм или повреждений. В рамках внедрения и развития этого подхода предусматривается внедрение следующих мероприятий: внедрение в Республике Беларусь проектирования дорог с числом полос «2+1»; применение на автомобильных дорогах I категории пешеходных переходов только в разных уровнях; на автомобильных дорогах I категории, выполняющих транзитные функции, предусматривается поэтапное переустройство всех пересечений в одном уровне на пересечения в разных уровнях; расширение использования дорожных ограждений, в том числе фронтальных, пересмотр правил применения дорожных ограждений; применение горизонтальной разметки с шумовым эффектом; применение островков безопасности на пешеходных переходах на автомобильных дорогах II–IV категорий, а также в населенных пунктах; на автомобильных дорогах II–IV категорий предусматривается поэтапное переустройство всех пересечений в одном уровне с использованием технических решений, обеспечивающих повышение безопасности дорожного движения, в первую очередь устройство кольцевых развязок в одном уровне; предусматривается расширение применения искусственного освещения на участках автомобильных дорог вне населенных пунктов и пересмотр норм освещенности проезжей части, в первую очередь в опасных местах.

Аудит безопасности дорожного движения представляет собой независимую и формальную оценку проекта автомобильной дороги во время проектирования и в конце строительства до того, как дорога будет открыта для движения. Целью аудита является выявление потенциальных проблем безопасности дорожного движения, которые могут затронуть любых пользователей автомобильной дороги, и предложение мер по устранению или смягчению этих проблем.

В Республике Беларусь дополнительной задачей проведения аудита безопасности дорожного движения является определение основных типичных проблем безопасности дорожного движения, связанных с проектированием дорог с целью облегчения перехода к подходу «Дорога, прощающая ошибки».

УДК: 539.31

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОПОР ДЛЯ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГАРМОНИЧЕСКОЙ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ НАГРУЗКИ

С. А. БОРШЕВЕЦКИЙ [1,3], Н. А. ЛОКТЕВА[1,2]
[1]Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация
[2]НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация
[3]ПАО «РКК «Энергия» им. С. П. Королева, г. Королев, Российская Федерация

Конструкции современных объектов машиностроения, в частности авиационно-космической техники, а также любые виды транспорта, состоят из различных деталей, узлов и панелей, соединяемых между собой различными способами. Наличие соединений предъявляет к конструкции повышенные требования в отношении ее прочностных и жесткостных свойств, что заставляет разрабатывать более совершенные методы расчета. Одним из видов проблем является расстановка дополнительных закреплений в габаритных пластинах и оболочках произвольной формы при соблюдении условия жесткости конструкции.

Актуальность проблемы обусловлена тем, что для таких пластин и оболочек отсутствуют какие-либо рекомендации по закреплениям, в отличие, например, от трубопроводов, для которых имеются строительные правила и нормы [4, 5] по расстановке опор, пусть и для конкретного вида нагружения и материала конструкции.

Целью работы является формирование методики определения расположения дополнительных опор, исходя из условия жесткости конструкции, при воздействии произвольной гармонической нагрузки.

Практическая значимость методики состоит в том, что она позволяет:

1) применять при проектировании различные габаритные пластины и оболочки;
2) учитывать различные геометрические характеристики модели, физические свойства материала, требования к жесткости конструкции;
3) рассчитывать конструкцию при произвольном гармоническом воздействии.

В работе рассматривается прямоугольная тонкая шарнирно-опертая пластина известного размера и постоянной толщины, имеющая дополнительные опоры внутри. Дополнительные опоры выставлены с одинаковым шагом по осям координат и образуют одинаковые сегменты. В случайное место пластины действует гармоническая сосредоточенная сила. Необходимо определить размер сегмента и положение дополнительных опор, при котором выполнялось бы условие жесткости: максимальный прогиб не превышает заданного значения.

Для определения размера сегмента будем решать следующую задачу. Имеем шарнирно опертую со всех сторон тонкую прямоугольную пластину постоянной толщины. В середину пластины приложена гармоническая сосредоточенная нагрузка. Вокруг точки приложения нагрузки на некотором радиусе, подлежащем определению, установлены четыре дополнительные опоры, образующие квадратный сегмент. В качестве модели пластины была выбрана пластина Кирхгофа – Лява [1]. Начало координат помещено в левый верхний угол пластины. Требуется определить оптимальное расположение дополнительных опор, основываясь на том факте, что максимальный прогиб не должен превышать предельно допустимой величины.

Так как прикладывается гармоническая нагрузка вида $P(t) = P_A e^{i\omega t}$, то и прогиб можно представить аналогичным образом: $w(x, y, t) = w(x, y)e^{i\omega t}$. При подстановке данных представления в уравнение движения пластины из уравнения полностью уходит компонента времени *t*, остается частота приложенной нагрузки ω.

Функция прогиба определяется как сумма сверток функций влияния с соответствующей внешней нагрузкой и реакциями в дополнительных опорах. Для определения значения функции влияния выполняется разложение в ряды Фурье по координатам всех входящих в уравнения движения пластины функций таким образом, чтобы удовлетворялись граничные условия по краям пластины [2, 3].

Применяя к функции прогиба граничные условия для дополнительных опор, приходим к системе линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных реакций в опорах. Решая СЛАУ по правилу Крамера, находим эти реакции.

Затем из полученного уравнения нормальных перемещений определяются координаты расположения опор вокруг приложенной внешней нагрузки таким образом, чтобы выполнялось условие непревышения заданной величины перемещений.

Найденные координаты опор образуют единичный сегмент, удовлетворяющий условию жесткости конструкции. Далее искомая пластина разбивается на единичные сегменты с некоторыми допущениями:

– допускается уменьшать размер сегмента, вследствие геометрических размеров конструкции;

– допускается устанавливать больше опор, чем минимально необходимое количество.

Получается искомая конструкция с множеством дополнительных опор. Для нее выполняется проверка граничных условий и условия жесткости конструкции в целом при произвольном приложении гармонической нагрузки.

Список литературы

1 Волны в сплошных средах / А. Г. Горшков [и др.]. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 472 с.

2 **Чернина, В. С.** Статика тонкостенных оболочек вращения / В. С. Чернина. – М. : Наука, 1968. – 456 с.

3 **Корн, Г.** Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1974. – 832 с.

4 СН 550-82. Инструкция по проектированию технологических трубопроводов из пластмассовых труб. – М., 1983.

5 СНиП 3.05.01-85. Внутренние санитарно-технические системы / Госстрой России. – М. : ФГУП ЦПП, 2007. – 40 с.

УДК 625.7/.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОФОБНОЙ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Д. И. БОЧКАРЁВ, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проблема разрушения дорожных покрытий от комплексного воздействия погодно-климатических факторов и транспортных нагрузок в осенне-зимний и весенне-зимний периоды эксплуатации требует поиска новых эффективных технологий профилактической и защитной обработки, альтернативных существующим.

Одной из технологий, направленных на повышение стойкости асфальтобетонных покрытий к влиянию циклов замораживания-оттаивания является их обработка составом гидрофобным профилактическим [1, 2].

В то же время необходимо провести исследование влияния его рецептур на морозостойкость асфальтобетонной смеси согласно [3].

В данной работе для проведения испытаний были изготовлены керны из асфальтобетонных смесей типов А, Б, В, Г и Д. Рецептуры состава гидрофобного профилактического приведены в таблице 1.

Таблица 1 – **Рецептуры состава гидрофобного профилактического**

В массовых процентах

Компонент	Рецептура композиций				
	1	2	3	4	5
Связующее (шлам от очистки резервуаров)	55	60	65	70	75
Минеральный наполнитель	16	14	12	10	8
Растворитель	19	16	13	10	7
Гидрофобизатор	10	10	10	10	10

Полученные результаты исследования влияния состава гидрофобного профилактического на морозостойкость асфальтобетонной смеси представлены в таблице 2.

Таблица 2 – **Коэффициент морозостойкости асфальтобетонных смесей**

Показатель	Тип асфальтобетона, из которого изготовлены керны	Способы обработки					
		Без обработки	Обработка составом гидрофобным профилактическим рецептуры				
			1	2	3	4	5
Коэффициент морозостойкости	А	0,81	0,86	0,87	0,89	0,87	0,84
	Б	0,82	0,89	0,90	0,89	0,86	0,84
	В	0,77	0,82	0,85	0,86	0,85	0,81
	Г	0,72	0,75	0,79	0,80	0,77	0,74
	Д	0,70	0,75	0,76	0,76	0,74	0,74

Графическое изображение влияния рецептуры состава гидрофобного профилактического на коэффициент морозостойкости асфальтобетонных смесей представлено на рисунке 1.

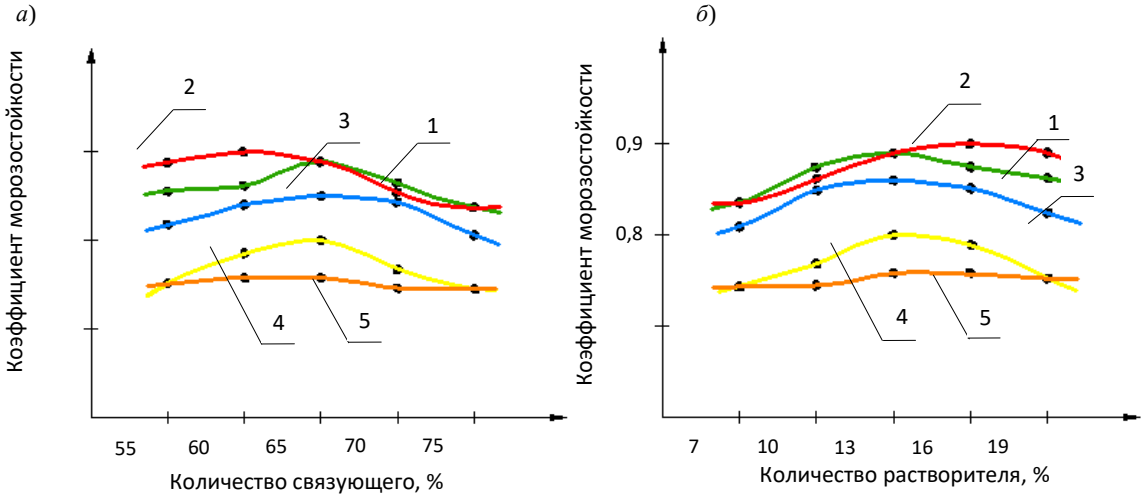


Рисунок 1 – Влияние рецептуры состава гидрофобного профилактического на коэффициент морозостойкости асфальтобетонных смесей:
а – количество связующего; *б* – количество растворителя; *1* – тип А; *2* – тип Б; *3* – тип В; *4* – тип Г; *5* – тип Д

Из полученных результатов следует, что профилактическая обработка повышает морозостойкость асфальтобетонных смесей. При этом наиболее высокий коэффициент морозостойкости обеспечивает 3-й вариант рецептуры состава гидрофобного профилактического, имеющий мас. %: связующее (шлам от очистки резервуаров) – 65, минеральный наполнитель – 12, растворитель – 13; гидрофобизатор – остальное. Данный вариант рецептуры позволяет составу гидрофобному профилактическому равномерно проникать вглубь материала, обеспечивая более высокие показатели коэффициента морозостойкости. Наиболее низкие значения коэффициента морозостойкости наблюдаются у 5-го варианта рецептуры ввиду недостаточного количества растворителя. При этом у смесей типов А, Б и В показатели морозостойкости выше чем у смесей типов Г и Д, что может быть обусловлено более сбалансированным содержанием компонентов.

Список литературы

1 Состав гидрофобный профилактический ПРОТЕКТ-01 : ТУ BY 192670194.002-2019. – Введ. 03.10.2019. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 29 с.

2 Гидрофобный состав для профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог: заявка № а 20180114: МПК7 Е 01С 14/24 / Д. И. Бочкарев, В. В. Петрусевич. – № а20180114; заявл. 23.03.2018.

3 СТБ 1115-2013. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний : Введ. 01.07.2014. – Минск : Госстандарт; Стройтехнорм; СтройМедиаПроект, 2014. – 39 с.

УДК 625.1. 004 (476)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕЛЬСОВОГО ХОЗЯЙСТВА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЛЬСОВ ПОВЫШЕННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И КОНТАКТНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ

Д. И. БОЧКАРЁВ, В. Г. ТАТАРЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Н. В. МАМСИКОВ, А. С. ПОСТНИКОВ
Белорусская железная дорога, г. Минск

В современных условиях железнодорожный транспорт сохраняет ключевые позиции в глобальном транспортном секторе. Протяженность железных дорог в мире составляет 1,6 млн км, в том числе 68 тыс. км высокоскоростных магистралей (ВСМ), 32 тыс. км путей метрополитена и 21 тыс. км легкого метро. При этом сеть традиционных железных дорог практически не растет, однако увеличивается интенсивность ее использования: по данным Международного энергетического агентства (МЭА), в среднем на 75 % в пассажирском и на 45 % в грузовом сегменте за период с 2000 по 2019 год. Одновременно с этим имеется тенденция к росту протяженности ВСМ и метро. Таким образом, интенсификация использования железных дорог, рост осевых нагрузок и скоростей определяют высокий спрос на рельсы.

Перечисленные выше тенденции характерны и для Белорусской железной дороги, эксплуатационная длина путей которой составляет в настоящее время 5583 км. При этом развернутая длина железнодорожных путей равна 11787,4 км, в том числе главных – 7193,1 км (рисунок 1), станционных – 3472,9 км и подъездных – 1121,4 км. Объективная необходимость экономии материальных ресурсов требует снижения затрат на эксплуатацию путевого хозяйства, являющегося одним из наиболее капиталоемких структур Белорусской железной дороги. Поэтому обоснованное применение рельсов, обладающих повышенной износостойкостью и долговечностью, является актуальной задачей, реализация которой базируется на научных исследованиях и практической апробации в реальных производственных условиях.

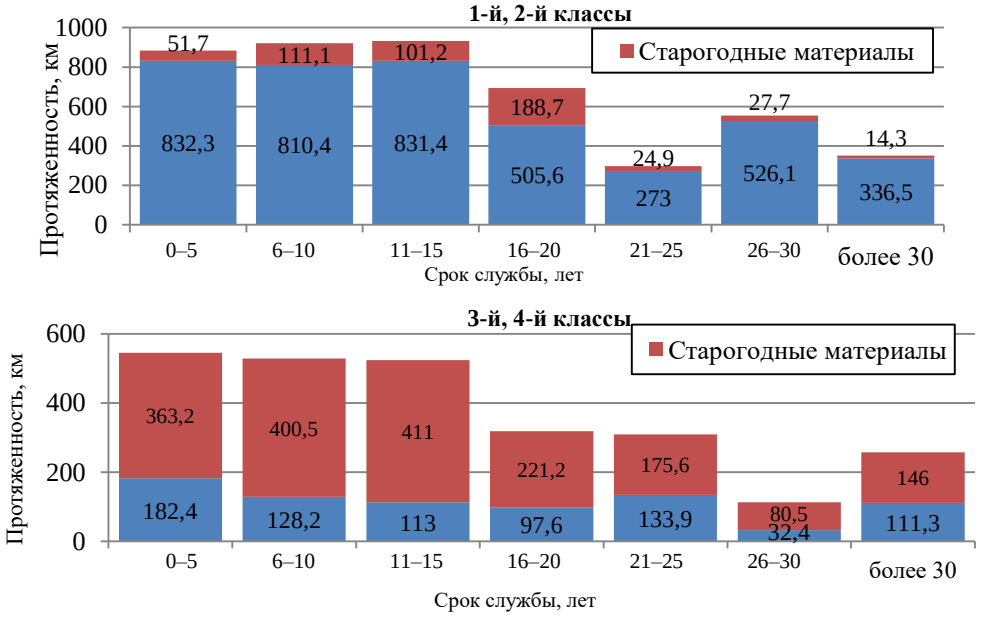


Рисунок 1 – Распределение протяженности главных путей по срокам службы

В прошедшем году на Белорусской железной дороге выполнены работы по ремонту 295,8 км пути и замене 455 комплектов стрелочных переводов. За год в путь уложено 228,9 км рельсовых плетей бесстыкового пути, выполнены работы по сохранению 15,1 км плетей. При этом вследствие

выполнения ремонтной программы, а также по результатам оценки фактического состояния пути повышены скорости движения поездов на участках общей протяженностью 350 км. В то же время одними из наиболее проблемных вопросов в путевом хозяйстве являются содержание кривых малого радиуса и рельсовых плетей бесстыкового пути. Кроме того, на начало текущего года протяженность путей с просроченными ремонтами составляла 545 км, или 7,5 % от протяженности главных путей (рисунок 2), из которых 388 км необходимо ремонтировать восстановительным ремонтом на новых материалах и 157 км – на старогодных. В случае невыполнения ремонтов пути к 2025 году прогнозируемое количество километров с просроченным ремонтом составит 1570, км или 22 % от протяженности главных путей, а к 2030 году – 2260 км, или 31 % от их протяженности.

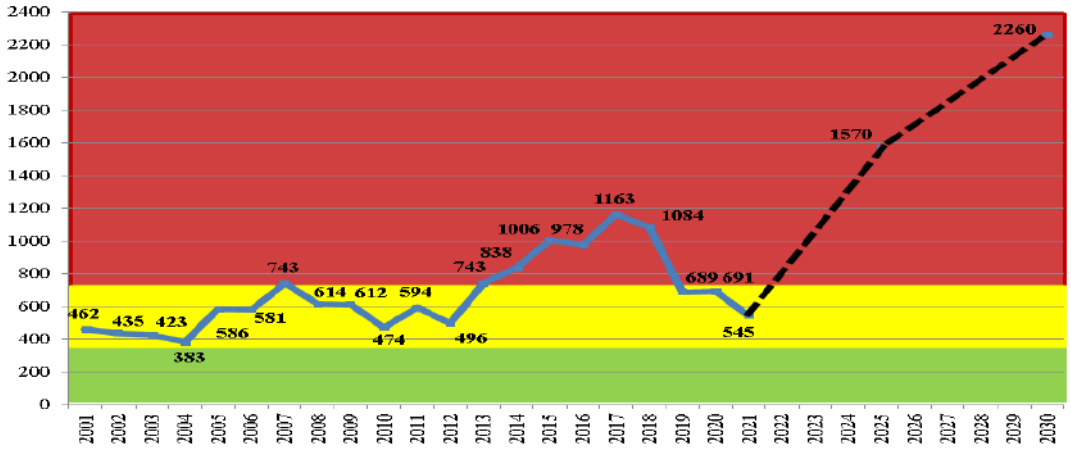


Рисунок 2 – Протяженность главных путей с просроченным ремонтом

Имеющееся отставание в выполнении ремонтов, наличие путей со сроком службы более нормативного и, как следствие, неравномерность распределения участков по срокам службы объясняется в первую очередь снижением объемов ремонта пути с укладкой новых материалов в период с 1993 по 2005 год (рисунок 3). Наибольшее снижение приходится на период с 1996 по 2000 год, что соответствует сроку службы в 21–25 лет.

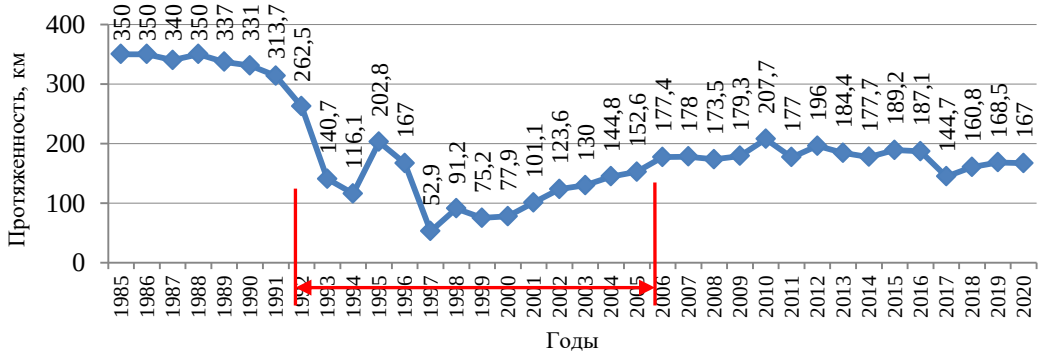


Рисунок 3 – Выполнение ремонтов пути с укладкой новых материалов в период с 1985 по 2020 год

В настоящее время протяженность главных путей 1–2-го классов составляет 4634,9 км. Нормативная периодичность выполнения их ремонтов согласно СТП БЧ 56.388-2018 «Положение о системе ведения путевого хозяйства Белорусской железной дороги», утвержденного приказом от 17.12.2018 № 1072НЗ, составляет 30 лет, или 750 млн т. Без учета грузонапряженности ежегодно необходимо обновлять восстановительным ремонтом с укладкой новых материалов не менее 155 км (4634,9 км / 30 лет = 154,5 км). На участках с грузонапряженностью более 25 млн т·км брутто/км в год нормативный срок службы составляет менее 30 лет. Соответственно потребный годовой объем ремонта будет больше.

В связи с этим Программой ремонта железнодорожных путей на 2021–2023 годы предусматривается выполнение восстановительного ремонта на новых материалах 489,6 км пути, в том числе по годам: 2021 – 160,6 км; 2022 – 161,7 км; 2023 – 167,3 км с распределением их по отделениям Белорусской железной дороги с учетом имеющегося количества участков с просроченным ремонтом (рисунок 4).

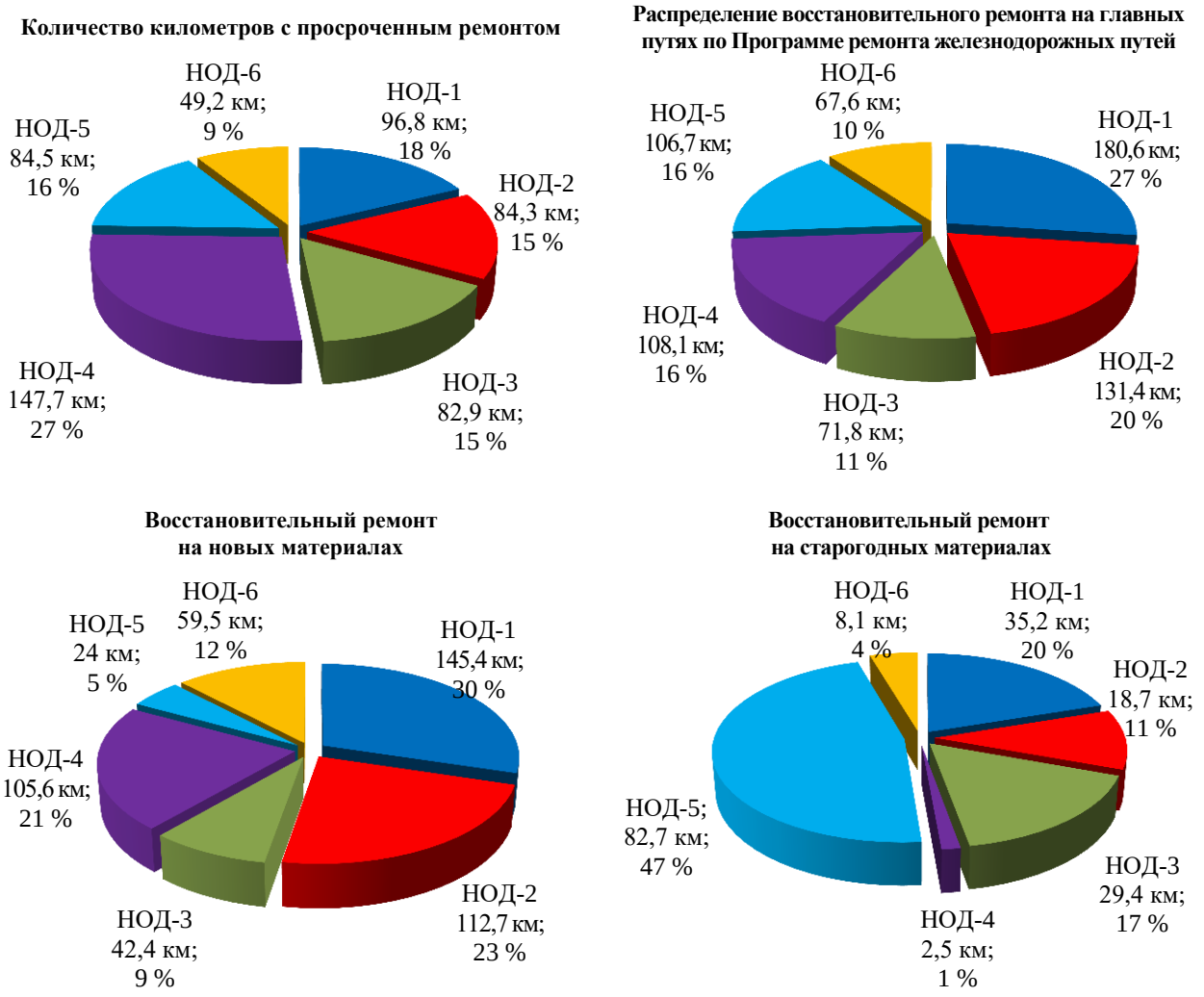


Рисунок 4 – Распределение восстановительного ремонта по категориям

На 2021 год расходы по ремонтной программе по путевому хозяйству запланированы в сумме 164 906 тыс. руб., в том числе непосредственно на ремонт пути – 140 988 тыс. руб. (рисунок 5).

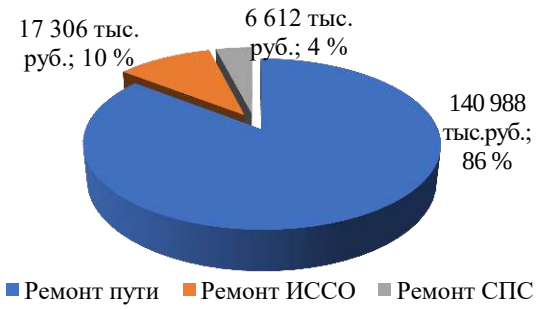


Рисунок 5 – Расходы по ремонтной программе на 2021 год

В то же время при сохранении объемов восстановительного ремонта главных путей на уровне текущего 2021 года, прогнозируемая протяженность путей с просроченным ремонтом к 2025 году составит 570 км, а к 2030 году – 260 км (рисунок 6).

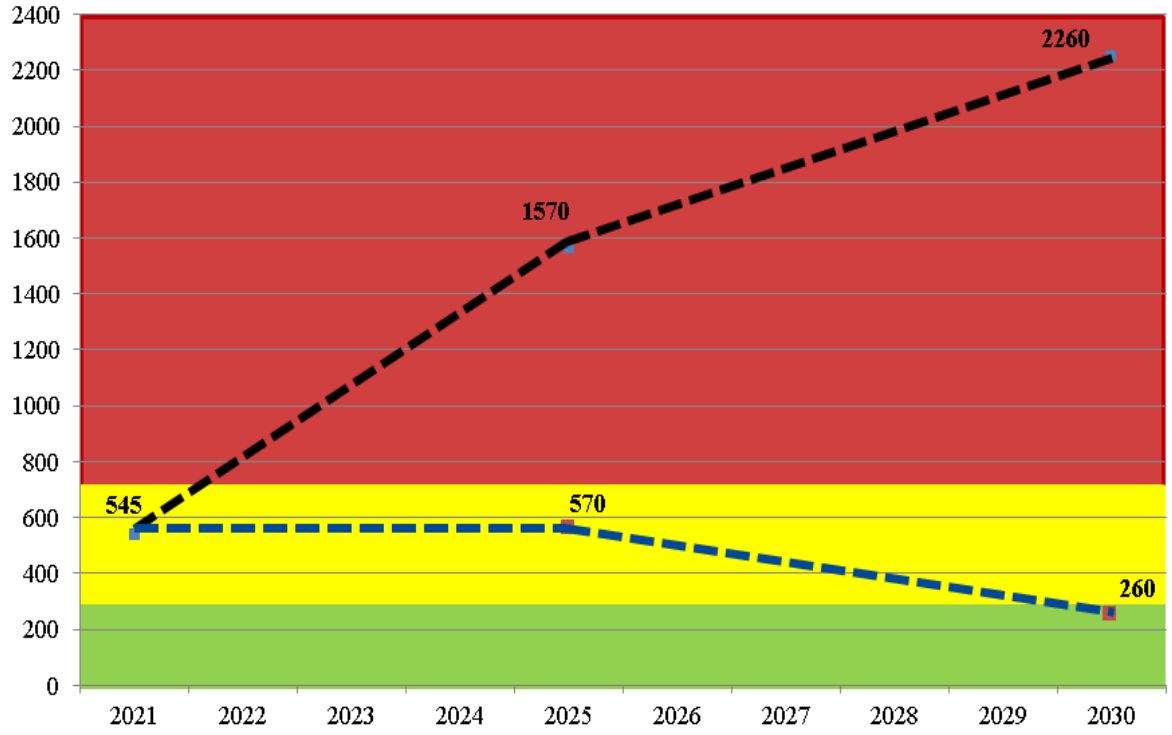


Рисунок 6 – Прогнозные показатели по восстановительному ремонту на перспективный период

С учетом вышеизложенного одним из основных направлений в организации восстановительных ремонтов является укладка рельсов и рельсовых плетей, технические характеристики которых позволяют обеспечивать восприятие как существующей нормативной, так и перспективной поездной нагрузки в течение заданного срока службы.

Для решения поставленной задачи представляет интерес использование рельсов ДТ370ИК и ДТ400ИК производства EVRAZ, который является крупнейшим производителем рельсов за пределами Китая, выпускающим на российских и американском заводах около 1,4 млн т рельсов ежегодно.

Рассматриваемые марки рельсов имеют повышенную твердость поверхности катания (370 и 400 НВ соответственно) и представляют собой улучшенную версию базовых рельсов ДТ350, которая эффективно применяется на участках с радиусом свыше 650 м или на прямых.

В августе 2021 года опытная партия рельсов ДТ370ИК и ДТ400ИК в количестве четырех плетей по 400 м каждая была уложена в две кривые радиусом 800 м на станции Минск-Восточный. Две из четырех плетей уложены в путь со скреплением КБ, две другие – в путь со скреплением СБ-3 что позволяет организовать наблюдение, учитывающее различные эксплуатационные факторы. По результатам опытной эксплуатации будет принято решение о возможности использования рельсов данных марок в путевом хозяйстве Белорусской железной дороги с целью снижения стоимости жизненного цикла рельсов.

УДК 625.11

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПУТИ

М. С. БУРДУКОВА-ДРОЗД
ГП «Жилищно-коммунальное управление-3 Московского района г. Минска», Республика Беларусь

В ходе реконструкции участка железной дороги, проходящего в зоне, прилегающей к городской территории, предусмотрено строительство подземного пешеходного перехода с целью повышения безопасности пассажиров и пешеходов при пересечении железнодорожных путей (рисунок 1).

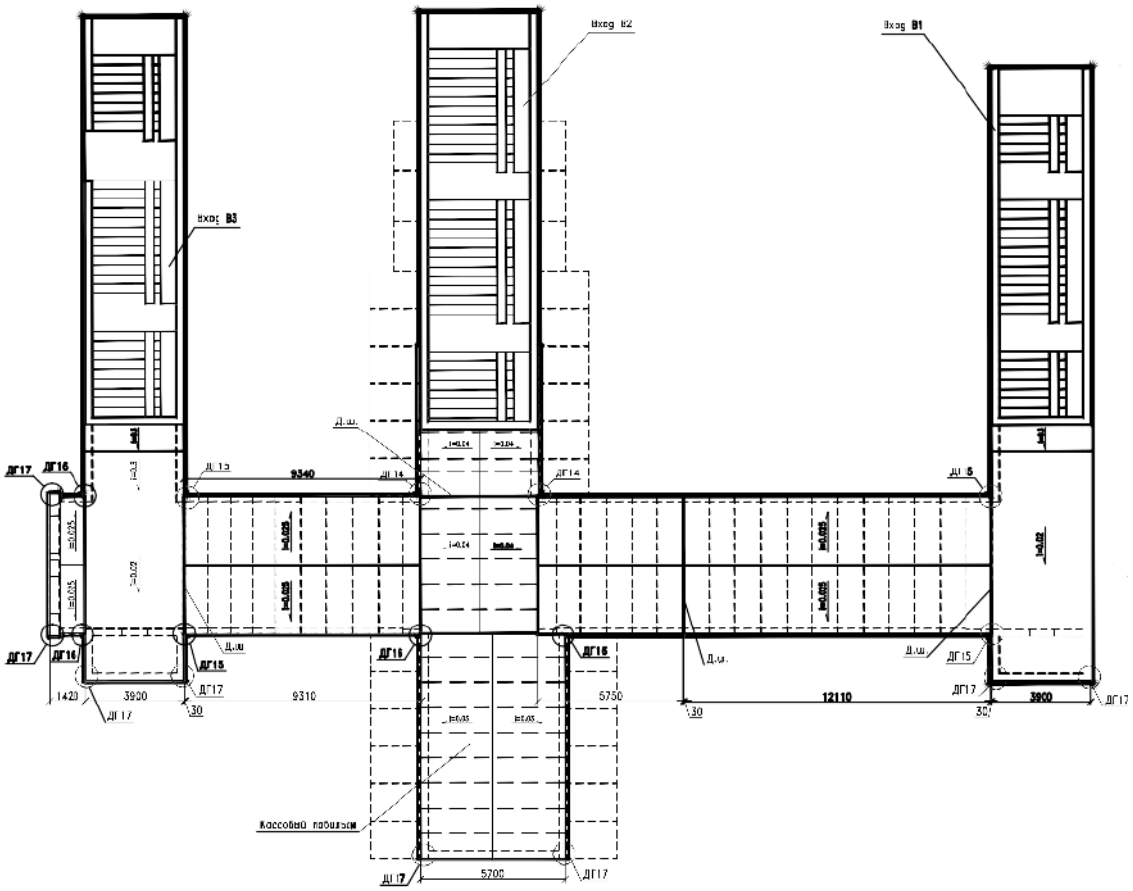


Рисунок 1 – План пешеходного тоннеля

Подземный переход прокладывается в виде тоннелей под тремя железнодорожными путями с лестничными и пандусными входами и выходами.

Проектируемый подземный переход, расположен в месте с уже сложившейся застройкой. Тип перехода – переход с тремя лестничными сходами со спуском с пешеходных платформ.

Предусматривается сооружение пешеходного тоннеля шириной 5,1 м с тремя поперечными входами. Технические условия проектирования – ТКП 45-3.03-232-2011, ТКП 45-3.03-227-2010, ТКП 45-3.03-115-2008. Временная нагрузка – С14.

Ширина крайних поперечных входов В1, В3 составляет 3,3 м, поперечного входа В2 с проектируемой средней островной пассажирской платформы – 4,0 м.

Ствол тоннеля в пределах железнодорожных путей разработан с использованием сборных железобетонных блоков, соединяемых между собой закладными деталями. Фундамент ствола тоннеля монолитный железобетонный, толщиной 300 мм. Вертикальные швы между блоками тоннеля заполняются раствором на расширяющемся цементе с уплотнением.

В торце ствола предусмотрена стенка из сборных блоков ФБС для перспективного продления тоннеля. Высота тоннеля в средней части – 2,40 м. Полная длина ствола тоннеля с учетом ширины поперечных входов составляет 41,08 м, длина входа В1 – 17,78 м, входа В2 – 19,62 м, входа В3 – 19,42 м.

Лестничные входы В1 и В3 представляют собой монолитную железобетонную конструкцию с монолитным перекрытием. Толщина стен и лотков входов принята 300 мм. Лестничный вход В2 выполнен из сборных элементов и монолитных участков. Лестничные входы устраиваются по бетонной подготовке толщиной 120 мм. Заложение лестничных маршей принято с крутизной 1:3,2 и размерами ступеней 120×380 мм. Габарит тоннеля по высоте в пределах лестничных входов В1 и В3 – 2,28 м, входа В2 – 2,53 м.

В торце поперечного входа В2 предусматривается устройство кассового павильона шириной 5,1 м и длиной 8,99 м. Кассовый павильон устраивается из сборных железобетонных блоков – плит фундаментных и лицевых плит, перекрытие – из сборных блоков длиной 5,7 м. Лоток кассового павильона и торцевая стенка выполнены из монолитного железобетона толщиной 300 мм.

В торцах поперечных входов В1 и В3 устраиваются служебно-бытовые помещения размером 1,5×3,3 м: помещение насосной со стороны входа В1 и помещение электрощитовой со стороны входа В3.

В местах сопряжения ствола тоннеля с лестничными входами предусмотрены приямки для сбора воды, перекрытые металлическими решетками. В местах поворота конструкции предусмотрены колодцы. Для перемещения малоподвижных групп населения и пешеходов с колясками в каждом лестничном входе предусмотрены пандусы шириной 1,3 м с подъемными платформами, оборудованные перилами и поручнями.

Лестничные входы в тоннель накрываются наземными павильонами. Изоляция тоннеля – замкнутая оклеечная двухслойная, гидроизоляционный материал Г-ПХ-БЭ-пп/пп-4,0 по СТБ 1107-98. Изоляция тоннеля с боков защищается бетонными плитами 500×500×70 мм, сверху – слоем из мелкозернистого бетона толщиной 40 мм, армированного сеткой – 5 мм S500 с ячейками 100×100 мм.

Сборные железобетонные блоки выполнены из бетона классов В25-В35, F200-F250, W4-W8, монолитные конструкции – из бетона классов В25, F200, W8 по СТБ 2221-2011.

Рабочая арматура класса S500, поперечная арматура классов S240, S500 по ГОСТ 5781-82, СТБ 1704-2012. Засыпка тоннеля и лестничных входов производится дренирующим грунтом с послойным уплотнением.

Внедрением разработанного подземного перехода можно обеспечить безопасную работу станции Минск-Пассажирский.

Станция Минск-Пассажирский расположена между станциями Минск-Южный и Институт культуры. Минск-пассажирский находится в 750 км от Москвы, в 212 км от Орши, в 345 км от Бреста, в 562 км от Варшавы. Данная станция по техническим признакам является пассажирской, по объему выполняемой работы относится к внеклассной.

Станция обеспечивает выполнение следующих основных операций, связанных с перевозкой пассажиров, багажа и почты: прием и отправление поездов; посадку, высадку и обслуживание пассажиров; отцепку-прицепку почтовых и багажных вагонов и подачу их к местам погрузки-выгрузки; обработку транзитных пассажирских поездов (техническое обслуживание, отцепку и прицепку вагонов, смену поездных локомотивов и локомотивных бригад, снабжение при необходимости водой, топливом и другим); расформирование и формирование составов пассажирских поездов; подготовку составов пассажирских поездов в рейс; подачу и уборку вагонов, производство отцепочного ремонта.

УДК 656.056.4

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ СТАРШЕГО ВОЗРАСТА

В. В. ДАНИЛОВ, А. А. ЦАРИКОВ
ГКУСО «Управление автомобильных дорог», г. Екатеринбург, Российская Федерация

Обзор литературы по общей психологии показал, что пешеходному движению как отдельному научному направлению уделено недостаточно внимания. Несмотря на обилие трудов по инженерной и транспортной психологии, в них практически нет материалов, описывающих поведение пешехода как участника дорожного движения.

Как отмечает статистика, наибольшее количество дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов зафиксировано в двух возрастных группах: дети до 15 лет и лица старше 65 лет.

Психофизиологические особенности пожилых людей прямым образом сказываются на их поведении как участников дорожного движения. Из-за изменений, происходящих в организме с возрастом, пожилые пешеходы особенно уязвимы в дорожных ситуациях и часто становятся жертвами собственной беспомощности или халатности водителей.

Так, причинами необдуманного или неосторожного поведения пожилых граждан являются возрастные трансформации психики и физиологические особенности организма. С возрастом снижаются зрение и слух, поэтому пожилые люди иногда просто не слышат звуки приближающего транспорта и не видят его. Довольно часто они плохо ориентируются в пространстве и испытывают затруднения с определением расстояния до движущегося автомобиля, у них снижена скорость реакции, и они могут не отреагировать вовремя на звуковой сигнал.

В опросе пожилых пешеходов в районе Орландо, штат Флорида, США, 25 % респондентов сообщили, что им трудно увидеть сигнал светофора на пешеходном переходе с противоположной стороны улицы. Это означает, что люди старшего возраста могут начать переход проезжей части на красный сигнал светофора не потому, что игнорируют правила дорожного движения, а потому, что элементарно путают его с разрешающим сигналом. Аналогичная ситуация может возникнуть в случае если на перекрестке отдельно установлена пешеходная секция светофора. При переходе проезжей части пожилой пешеход попросту может ориентироваться на трехцветный транспортный светофор, который регулирует движение автомобилей.

Глаза пожилых людей претерпевают значительные изменения, связанные с возрастом. Изменения вызывают потерю способности глаза приспосабливаться к различным расстояниям при рассматривании предметов. Одним из наиболее предсказуемых изменений в процессе старения является потеря способности к адаптации при переходе из светлой среды обитания в тёмную. Яркий свет – это большая проблема для пожилых пешеходов. Им требуется на 50–70 % больше света, чем молодым, для распознавания приближающегося автомобиля. Кроме того, повышается необходимость контрастирования между объектом и фоном, чтобы идентифицировать объект, особенно при тусклом освещении.

Помимо ухудшения зрения у пожилых пешеходов снижаются и другие возможности, которые усложняют переход проезжей части по регулируемому и нерегулируемому переходам. К ним можно отнести пониженную восприимчивость окружающей среды, снижение периферического зрения и сужение полезного поля зрения.

Пожилые люди могут забывать об элементарных правилах дорожного движения и необходимости соблюдать осторожность даже при переходе дороги на зеленый сигнал светофора. Многим водителям приходилось сталкиваться с ситуациями, когда пожилые пешеходы переходят дорогу в неположенном месте, там, где им удобно, не обращают внимания на сигналы светофоров. Как ни парадоксально, но наезды на людей пожилого возраста чаще всего совершаются вблизи пешеходных переходов. Происходит это потому, что пожилые люди пытаются проскочить рядом с пешеходным переходом, там, где водители не ожидают их появления.

Результаты исследований, проведенные в Швейцарии, среди пешеходов в возрасте старше 65 лет показали, что 77,4 % из них никогда не имели водительских прав. Иными словами, современные пешеходы старшего возраста попросту могут не знать правил дорожного движения. Эти результаты частично объясняют некорректное поведение пешеходов на проезжей части [1].

По данным исследований, более 70 % пожилых людей пребывают в состоянии депрессии или близком к ней. В состоянии депрессии вероятность оказаться под колесами автомобиля многократно возрастает, тем более если пешеход нарушает ПДД.

Однако более существенными в старости оказываются психологические аспекты (изоляция, самоизоляция), отражающие осознание одиночества как непонимания и безразличия со стороны окружающих. Особенно реальным одиночество становится для человека, живущего долго. В этой связи появляются отрицательные черты поведения, которые влияют на безопасность движения: переход проезжей части в неположенном месте (назло всему окружающему миру), притупление чувства опасности (отсутствие интереса к жизни), отсутствие реакции на замечания других участников движения [2].

У пожилых людей одновременно со снижением мышечной массы претерпевает изменения и скелет. Начинают болеть суставы, движения причиняют боль, особенно при перемещении по сту-

пенькам вверх или вниз. Именно по этой причине старикам легче перейти 8-полосную проезжую часть по земле, чем пройтись по ступенькам в подземный или надземный пешеходный переход. Для стариков это такая же тяжелая нагрузка, как для молодого человека час интенсивных занятий на тренажерах.

Одновременно с этим у пожилого пешехода происходит перестройка в механизмах центральной нервной системы. Замедляется скорость передачи информации, скорость принятия решений и скорость мышечных реакций. Возникают трудности при различении двух или более элементов информации, полученных с перерывом. Большинство связанных с возрастом замедленных реакций происходит из-за увеличения премоторного времени (времени от момента возникновения стимула до начала моторной активности).

Статистические исследования показали, что пожилые люди и маленькие дети чаще всех попадают в дорожно-транспортные происшествия в пределах дворовых территорий. Казалось бы какие здесь могут быть проблемы? Низкая скорость и низкая интенсивность движения транспорта. Однако именно здесь пешеход в самый неподходящий момент оказывается рядом с автомобилем, в то время, когда водитель совершенно не ожидает, что рядом с его автомобилем кто-то может быть. Это ситуации, когда пешеход выходит прямо под колеса автомобиля или когда стоит позади движущегося автомобиля и никак не реагирует на это. Пешеходы, понимающие опасность движущегося автомобиля, успеют среагировать и отойти от траектории движения транспортного средства. Пожилые люди могут не увидеть и не услышать автомобиль, попросту стоять на месте пренебрегая опасностью.

Необходимо отметить, что относительные риски смертельного исхода при дорожно-транспортном происшествии с участием пожилого пешехода, растут с увеличением возраста. Особенно это касается лиц старше 75 лет, для которых аварии заканчиваются летальным исходом почти в три раза чаще. Смертность от ранений, полученных в результате дорожно-транспортных происшествий, у 65–74-летних людей примерно вдвое выше, чем у 30–64-летних, а среди людей старше 75 лет этот показатель возрастает в восемь раз.

В заключение необходимо отметить, что при проектировании инфраструктуры, предназначенной для движения пешеходов, необходимо учитывать психофизиологические аспекты пешеходов старшего возраста. Особенно это касается пешеходных переходов и технических средств организации движения. Только такой подход сможет снизить количество ДТП с участием пешеходов пожилого возраста.

Список литературы

1 **Темняков, Д. А.** Социально-педагогические особенности обеспечения безопасности пожилых пешеходов / Д. А. Темняков, Д. В. Зражевский // Вестник ГОУ ДПО ТО «Институт повышения квалификации и профессиональной переподготовки работников образования Тульской области». – 2020. – № 2. – С. 129–134.

2 **Боженкова, К. А.** Психологические особенности людей пожилого возраста / К. А. Боженкова // Приволжский научный вестник. – 2016.– № 3 (55). – С. 130–132.

УДК 625.11

БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ И ОСОБЕННОСТИ СКРЕПЛЕНИЙ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ НА ВТОРОЙ И ТРЕТЬЕЙ ЛИНИЯХ МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

А. Р. ДЕМИДОВ
ГП «Минский метрополитен», Республика Беларусь

Н. В. ДОВГЕЛЮК, Н. Д. БРЕК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Метрополитен является важным элементом транспортной системы города. Он выполняет большой объем пассажирских перевозок. На долю метрополитена приходится более трети пассажирских перевозок города Минска. Поэтому его развитию придается большое значение. Особое место в единой транспортной системе принадлежит транспортным узлам, они являются теми элементами системы, в которых начинается и заканчивается перевозочный процесс, осуществляется перераспре-

деление грузовых и пассажирских потоков, происходит взаимодействие магистральных, промышленных и городских видов транспорта.

От успешной работы транспортных узлов зависит эффективность и качество функционирования всей транспортной системы. Особую роль в функционировании больших городов занимают скоростные пассажирские транспортные системы, обеспечивающие значительное сокращение затрат времени пассажиров на передвижение. Поэтому необходимо дальнейшее развитие взаимодействия скоростных пассажирских систем с городскими видами транспорта. В первую очередь это относится к организации взаимодействия в узлах работы метрополитена и железных дорог. Непреложное требование к проектному решению – гарантия безопасности движения в метрополитене. Используются достижения науки и техники отечественного и зарубежного опыта с тем, чтобы строящиеся участки метрополитена к моменту окончания работ соответствовали техническому уровню того времени.

При содержании верхнего строения пути в тоннеле используются инновации в инфраструктуре, подвижном составе и технологиях с учётом технических, экономических и экологических требований. Особое внимание уделяется надежности, безопасности движения поездов и охране окружающей среды. Для обеспечения наилучших условий эксплуатации метрополитена проектирование опирается на достижения теории и практики в области организации движения поездов, применении новых материалов.

Сравним один из элементов верхнего строения пути, а именно скрепления на второй и третьей линиях метрополитена.

Промежуточное скрепление на третьей линии. В 2020 году на ПК 64 врезается стрелочный перевод номер 8 станции Фрунзенская, который переводит подвижной состав со второй линии на третью. На третьей линии основной отличительной чертой является замена деревянных шпал на железобетонные блоке БВ-2М со скреплением VossolohW21. Блок БВ-2М является составным и состоит из двух основных частей: самого блока и опорного лотка, в который блок погружен. На дне лотка под блоком размещается эластичная прокладка. По контуру в лоток заливается эластичная масса, которая после застывания удерживает блок в лотке. Вся конструкция является неразборной и поставляется в собранном виде. В процессе эксплуатации и ремонта эластичная масса замене и ремонту не подлежит. При необходимости замены вырубается из бетона в сборе.

Рельсовый шуруп Ss 35 оснащён подкладкой с круглой шайбой Uls 7. Пружинные торсионные клеммы скрепления W21 представлены двумя моделями: стандартной Skl 21 и стыковой Skl 21S.

Угловые направляющие плиты имеют различные размеры. За счёт применения плит с различным размером производят работу по изменению положения рельсовой нити. Каждую рельсовую нить можно изменять по ширине колеи до 10 мм в сторону сужения или уширения.

Рельсовые прокладки ZW 130/175/6 изготавливают из запатентованного материала Cellentik. На боковые крылья опираются угловые направляющие плиты. Однако в некоторых моделях прокладок таких крыльев может и не быть, что не является нарушением. Толщина прокладок в подрельсовой зоне составляет 6 мм.

При отсутствии возможности установки кронштейнов контактного рельса на деревянных шпалах, установка их производится на специальные бетонные блоки.

Такие блоки замоноличены в бетон путевой плиты при строительстве линии. Установка блоков контактного рельса производится через каждые 4–5 путевых блоков. Кронштейны установлены на каждом втором блоке. Таким образом, половина блоков является незадействованной и резервной. На резервные блоки могут быть установлены кронштейны при необходимости регулировки контактного рельса либо при повреждении основного блока.

Под кронштейном на бетонном блоке установлена прокладка из полиэтилена низкого давления толщиной 6 мм. Прокладка в процессе эксплуатации, при необходимости, может быть заменена на прокладку иной толщины.

Кронштейны для подвески контактного рельса на бетонных блоках применяются той же высоты, что и на деревянных шпалах – 540 мм, однако они имеют длину больше на 5 мм – 645 мм. Овальные отверстия 54×26 мм позволяют производить регулировку положения кронштейна для горизонтальной выправки контактного рельса. В том случае, когда размеры отверстия в кронштейне не позволяют произвести горизонтальную выправку, разрешается их фрезеровка либо рассверловка с увеличением длины овала до 70 мм в необходимую сторону со срубкой, опиловкой и зачисткой выступов и заусенцев.

Регулировочные прокладки имеют такой же размер, но иную толщину – 2–10 мм. Овальные отверстия в регулировочных прокладках не изготавливают. Все незадействованные отверстия дюбелей Sdu 26 в резервных блоках контактного рельса закрыты специальными заглушками.

Закрытие незадействованных отверстий – крайне важная обязанность для персонала, обслуживающего данную конструкцию пути и контактного рельса. При попадании вовнутрь дюбеля Sdu 26 посторонних предметов: осколков бетона, песка, прочего мусора – закручивание шурупа на полную глубину становится невозможным. Извлечь посторонний предмет из отверстия также невозможно.

Промежуточное скрепление на второй линии. На второй линии применяются два вида скреплений в пути на бетоне: «Метро»; в пути на щебне с железобетонными шпалами-КБ с жесткой клеммой (рисунок 1).

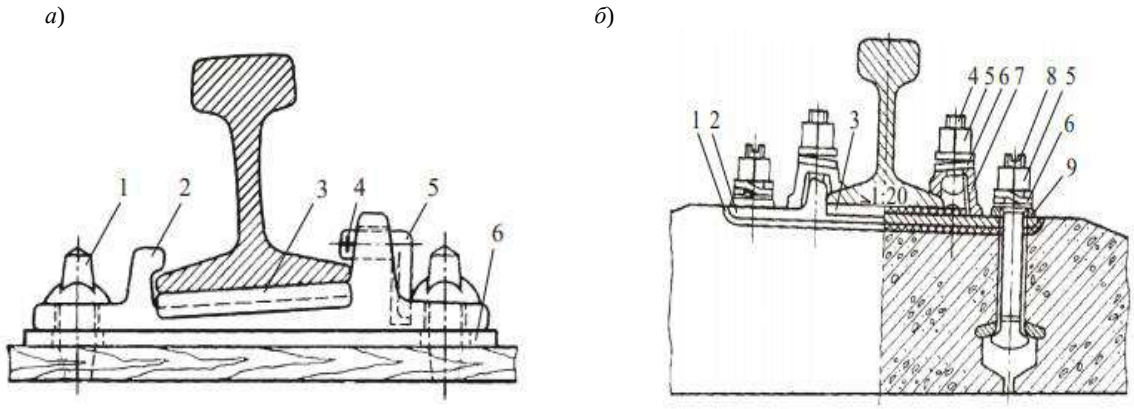


Рисунок 1 – Раздельное промежуточное скрепление типа «Метро» и типа КБ:
а – 1– путевой шуруп; *2* – подкладка; *3* – прокладка под рельс; *4* – шплинт; *5* – маятниковый штырь; *6* – подкладка под прокладку;
б – 1 – резиновая прокладка под подкладкой; *2* - подкладка; *3* – подкладка под рельс; *4* – клеммный болт; *5* – гайка;
6 – двухвитковая шайба; *7* – клемма; *8* – закладной болт; *9* – изолирующая втулка

В подкладках раздельного скрепления рельсы прикрепляются на каждом конце шпалы двумя жесткими или пружинными клеммами и клеммными болтами. Между подошвой рельса и подкладкой укладывают амортизирующую прокладку. Прокладки позволяют регулировать положение рельса по уровню. Суммарная толщина прокладок под подошвой рельса не превышает 14 мм при их количестве 2. Для предотвращения ослабления затяжки клеммных болтов жесткие клеммы прижаты к внутренним поверхностям реборд подкладок. Подкладки скрепления КБ располагаются на шпалах так, чтобы реборды с буртиком (базовая реборда) находились снаружи колеи. Гайки клеммных болтов затягивают усилием, соответствующим крутящему моменту 150 Нм.

УДК 625.11

ЗАЩИТА ОТ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ СКЛОНОВ ВЫЕМОК ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В ЦЕЛЯХ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Н. В. ДОВГЕЛЮК, Е. М. МАСЛОВСКАЯ, П. О. МАЗЫНСКИЙ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Наличие оползневых участков на откосах выемок железной дороги может нарушить безопасность движения поездов, особенно в неблагоприятных геологических условиях и районах с большим количеством выпадающих осадков.

Вдоль трассы есть участки выемок, характеризующиеся протяженными склонами, имеющими оползневой характер. Существующее состояние склонов характеризуется наличием бессистемных локальных вырубок, грунтовых дорог с плохой организацией отвода поверхностных вод. Они образованы до придания этим участкам охраняемых территорий, тем не менее сейчас продолжается их негативное влияние на оползневую опасность склонов.

Проектируемые защитные сооружения имеют выраженные особенности: со стороны реки это, в основном, сооружения, защищающие земляное полотно от размыва и сползания в реку, с нагорной

стороны – комплекс сооружений, обеспечивающих стабилизацию оползневого склона и земляного полотна за счет снижения обводненности через сетевое дренирование, подпорные сооружения и стенки из свай, железобетона, армогрунтовых дамб, формирование укрепленных откосов (склонов) с одновременной защитой поверхностного слоя от эрозии.

Гидрогеологические особенности рельефа вдоль трассы характеризуются тем, что коренные несмешиваемые породы залегают довольно глубоко и покрыты слоем грунта мощностью до 8 м, сильно подверженного набуханию и размыву, имеющего слабую несущую способность. Часто такие склоны представляют собой разнонаправленные наслоения ранее сошедших и стабилизированных оползней со вторично сложившимся режимом естественного дренирования поверхностных и грунтовых вод.

Сильная залесенность придает некоторую дополнительную стабильность склонам в нетронутом (природном) состоянии, однако одновременно способствует задержанию и накоплению в толще грунта больших объемов поверхностных и грунтовых вод. Прокладка трассы и земляного полотна в большинстве случаев приводит к пересечению естественно сложившихся путей сброса воды со склонов в реку, что создает серьезные трудности для обеспечения транзита водных потоков через конструкцию земляного полотна и разгрузки самого склона выше трассы. Дополнительных мероприятий требуют образующиеся зоны понижения между склоном и вновь отсыпанным земляным полотном, склонные к заболачиванию после паводков в результате встречных потоков через дренаж земляного полотна.

Анализ оползневой опасности склонов в большинстве случаев показывает, что склоны находятся в условно-стабильном равновесном состоянии, но требуют принятия мер по стабилизации (в основном водоотвод и сетевой дренаж) выше предполагаемых выработок еще до начала земляных работ, связанных с подрезкой склонов.

В связи с этим основное предпочтение при проектировании отдается выбору решений, обеспечивающих сбор и водопонижение на нагорной стороне трассы: мощный дренаж сквозь тело земляного полотна, подпор оползневых масс выше земляного полотна, а также стабилизацию откосов с подгорной стороны, включая мероприятия по предотвращению размывов в зонах выхода дренажей и других водопропускных сооружений.

В существующих гидрогеологических условиях при слабых несвязных грунтах, следует руководствоваться принципом минимального воздействия на склон при уположении для предотвращения эрозии, сохранения сложившегося равновесного состояния оползневых склонов, сокращения вырубок. Поэтому при значительных площадях, образующихся при уположении склонов предпочтение отдается устройству подпорных сооружений в виде стен, армогрунтовых конструкций.

Конструкции защитных подпорных сооружений при существующих грунтах и структуре склонов, а также в условиях сейсмичности должны обладать высокой эластичностью, малой удельной нагрузкой на основание, хорошими водопропускными (дренажными) свойствами. Этими качествами в большой мере обладают армогрунтовые сооружения. Их устройство также позволяет обеспечивать значительную крутизну откосов (до 70°), что важно для минимального воздействия на склон и сокращения площадей откосов при уположении, а также совмещенную функцию подпора оползневых масс в сочетании с удержанием осыпей по склону и организацией эффективного водоотвода с верхней части склона, Дополнительным аргументом в пользу выбора этих решений является также их естественный природный внешний вид, возможность декорирования растениями с целью дополнительного укрепления и защиты от ультрафиолетового излучения, хорошая ремонтопригодность и максимальное использование местных материалов.

Подпорные сооружения (стенки) из бетона, бутобетона и свай применяются в случаях глубоких выемок, однако их применение помимо конструктивных преимуществ ограничено сложностями доставки больших объемов бетона к месту заливки.

Для стабилизации оползневых склонов помимо обеспечения подпора оползневых масс важнейшим требованием является эффективный сбор и отвод поверхностных талых и дождевых вод. Это обеспечивается устройством открытых канав, перехватывающих потоки, приходящие с верхних склонов или собирающиеся на пологих участках и сети закрытых дренажей, распределенных непосредственно по телу оползня.

Важной особенностью конструкции дренажной траншеи с большой пропускной способностью является отделение собственно дренирующей части канавы от водопропускной (транзитной) зоны. Такое решение позволяет эффективно собирать воду с большой поверхности, не перегружая сечение дренажа в нижней части, уравнивая дренирующую способность на верхних и нижних участках, так как избыточная вода с верхних зон транзитом транспортируется вниз, не перегружая дренаж-

ную трубу транспортной функцией. В результате исключаются застой и заиливание, повышается пропускная способность при тех же геометрических параметрах, увеличивается рабочая протяженность дренажа, повышается «живучесть» системы, так как дренажные участки работают не последовательно, а независимо, периодически разгружаясь в нижнюю трубу.

Для случаев небольшой крутизны склонов, отсутствия больших перепадов и коротких секций (до 30 м) используется также однотрубная система. Для сбора воды с большой поверхности устраиваются дренажные сети типа «елочка», транзитные трубопроводы соединяются через колодцы в узлах. Используются корпусные, пластиковые или железобетонные колодцы либо представляющие собой цилиндрическую выемку в грунте, выстланную изнутри бетонитовыми матами или толстой пленкой. После укладки труб и разделительной мембраны выемка полностью заполняется камнем. Дренажи подобного типа в виде поперечных прорезей с сечением 1×1 м устраиваются также под земляным полотном поперек в основании с шагом от 6 до 10 м и служат для сбора воды из тела насыпи и транзитного сброса верхней воды из нагорного продольного дренажа или лотка. Такая конструкция позволяет резко сократить потребности в скальном дренирующем основании земляного полотна, больше использовать местные грунты.

Преимущество таких водопропускных сооружений перед трубными системами в условиях слабых грунтов, нестойких к размыву, заключается в устранении кумулятивного эффекта, т. е. водный поток дробится на множество ручейков, которые имеют малую скорость и энергию, не достаточную для размыва, к тому же распределены на большой площади. Устраивается постель из каменной наброски в зоне истечения (выхода) дренажных канав и транзитных трубопроводов.

Конструкция дренажа двухтрубной системы используется в случаях, когда протяженность дренажей превышает 40–50 м, а параллельное расположение невозможно по склоновым условиям.

В остальных случаях применяются однотрубные системы как более экономичные. В узлах соединения дренажей с целью коммутации, согласования уровней и ревизии локальных ветвей устраиваются колодцы из железобетонных колец или, в случае сильной затрудненности с доставкой и монтажом инвентарных железобетонных изделий, в виде грунтовой ямы с гидроизолирующей оболочкой.

В составе дренажной сети предусмотрены открытые канавы на бермах и склонах, дождеприемники (поглотительные дренажные траншеи) и сбросные линии. Возможен самотечный отвод воды по дренажной сети к внешним водоотводящим устройствам и далее к установленным местам сброса вод.

Прием воды в сбросную линию из открытых канав дождевой сети и закрытых дренажей осуществляется через приемные колодцы.

УДК 625.11

РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ ПОЕЗДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Н. В. ДОВГЕЛЮК, Е. М. МАСЛОВСКАЯ, О. И. СЕРКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При проектировании железных дорог и последующей их реконструкции решается ряд проектных задач, необходимых для нахождения наилучшего положения трассы и очертания продольного профиля, выбора типа локомотива и веса грузового поезда, расхода топлива и электроэнергии, для установления длины путей с целью увеличения провозной способности железной дороги и другие практические задачи, которые решаются на основе тяговых расчетов.

Тяговые расчеты основаны на изучении сил, действующих на поезд, условий движения поезда под действием приложенных сил и методах решения ряда практических задач (определение веса грузового поезда при известном продольном профиле и заданном локомотиве, проверка его на трогание с места, определение скоростей движения и времени хода поезда, решение тормозных задач, определение расхода электроэнергии электровозами и топлива тепловозами, определение механической работы силы тяги локомотива и работы сил сопротивления и др.).

Кривые участки пути оказывают большое влияние на скорость движения поездов. В зависимости от скорости рассчитываются длины переходных кривых, масса состава грузового поезда, расход топлива и электроэнергии, которые учитываются при определении эксплуатационных расходов железной дороги. По кривой времени можно определить время хода грузового поезда от станции до любой точки на перегоне.

По массе состава грузового поезда подбирается тип локомотива, который будет обращаться на дороге. Для определения эксплуатационных расходов подсчитываются измерители тяговых расчетов: время хода поезда, механическая работа локомотива и работа сил сопротивления, расход топлива или электроэнергии. Эксплуатационные расходы необходимо определять для правильного принятия решений по выбору варианта железной дороги.

Особенность тяговых расчетов при проектировании железных дорог состоит в том, что в них основное внимание уделяется выбору проектного решения, в отличие от курса тяги поездов, где рассматриваются вопросы устройства, конструкции и испытания подвижного состава.

Тяговые расчеты широко используют компьютерную технику, где исходными данными служат параметры подвижного состава, продольный профиль и план линии. Результатом являются данные о скорости движения, времени хода, расходе электроэнергии или дизельного топлива, которые используются в дальнейшем при проектировании железной дороги.

Результаты тяговых расчетов широко применяются при реконструкции железных дорог, их электрификации и проектировании вторых путей, повышении скоростей движения, а также при проектировании специализированных высокоскоростных пассажирских магистралей.

Использование на железных дорогах современного подвижного состава, укладка бесстыкового пути на железобетонных шпалах, развитие передовых методов эксплуатационной работы, а также проведение теоретических исследований и опытных испытаний локомотивов и вагонов приводят к необходимости периодического обновления расчетных норм. «Тяговые расчеты при проектировании железных дорог» изложены в соответствии с Международной системой физических единиц СИ и строительно-техническими нормами проектирования железных дорог колеи 1520 мм СТН.

Если в тяговых расчетах принять модель поезда как систему твердых тел (вагоны), соединенных упругими связями (автосцепка), то вычисления получаются достаточно сложными и громоздкими. Однако для разработки норм проектирования продольного профиля по условиям плавности и безопасности движения поездов принята именно такая модель поезда. При проектировании железных дорог для упрощения расчетов рекомендована следующая модель: поезд рассматривается как материальная точка, расположенная в его середине, масса которой равна массе поезда. Такая модель гарантирует достаточную точность расчетов и позволяет упростить вычислительную процедуру. Однако развитие информационных технологий на транспорте требует не расширения информационной среды, а повышения её интеллектуального уровня. Проектирование переустройства железнодорожных станций должно осуществляться на основе их цифровой модели. При необходимости может выполняться дополнительная топографо-геодезическая съёмка территории, сведения о которой отсутствуют в базе данных, вследствие её неполноты. После завершения проектирования возможна обратная загрузка цифровой модели станции проектом переустройства. К перспективам цифровой модели путевого развития относится создание базы данных электронных паспортов подъездных путей необщего пользования.

Цифровая модель описывает поезд не как материальную точку, к которой прилагаются силы, а как тело, обладающее фиксированной массой. Пространственная интерпретация поезда – динамический сплайн фиксированной длины. Под сплайном обычно понимается кусочно-заданная функция, совпадающая с функциями более простой природы на каждом элементе разбиения своей области определения. Динамичность сплайна означает, что в любой момент времени для сплайна существует система уравнений, описывающая размещение в пространстве поезда. Графически сплайн – кривая фиксированной длины. Динамический сплайн – «извивающийся червяк».

Бионический подход достаточно широко используется в современной науке, в том числе и при отыскании аналогов в природе. Достаточно привести в качестве примеров летательные аппараты и принципы их конструкций. Сходство поезда с кольцевым червем достаточно велико – он меняет свою длину в процессе движения.

Движение кольцевого червя в толще почвы иной природы, значительно более сложной. Каждое из его колец постоянно меняет свою геометрию, в то время как изменение длины вагона по осям автосцепок обеспечивается наличием полостей в конструкции поглощающих аппаратов. Более того, при прохождении червем плотных участков он регулирует плотность своих колец посредством перемещения физиологической жидкости между ними. Очевидно, что в чистом виде нет необходимо-

сти использования модели движения кольцевого червя для описания движения поезда. Достаточно существенно упрощённого аналога.

В качестве другого аналога можно использовать движение цепи по направляющей. Отличие таких моделей в том, что направляющая (железнодорожный путь) постоянно меняет свою конфигурацию, т. е. модели, описывающие цепную передачу, не пригодны. Более того, наличие собственной системы управления у поезда ставит его значительно ближе к «живым» объектам. В качестве ещё одного ограничения выступает путь. Если червь в любой момент времени может двигаться в произвольном направлении, при этом лишь незначительная часть пространства, занятая его телом, исключает достаточно малый сегмент направлений (нельзя двигаться внутрь себя), то поезд всегда движется по направляющей, размещение которой в пространстве жёстко регламентировано.

Предлагается при описании поезда представлять его как цепь переменной длины, обладающую системой управления режимами движения, следующую по направляющей, на которую наложены внешние ограничения переменного характера. Под последними понимаются воздействия систем тягового электроснабжения и диспетчерского управления, погодные условия, перемещения динамических объектов в пространстве габарита подвижного состава на пути следования поезда и др. Звенья цепи – вагоны.

Подбор сплайна не зависит от поведения поезда. Положения головной и хвостовых меток транспондера определяют привязку поезда к цифровой модели пути. С неё снимается, на каких элементах в плане и профиле находится состав поезда. Например, одна часть поезда проходит круговую кривую известного радиуса на спуске, другая находится на переходной кривой, расположенной на площадке, а третья часть находится на прямой и на подъёме. В таком случае сплайн будет содержать три функции – по одной для каждого из участков. Число сплайнов в модели определяется точностью цифровой модели пути.

В цифровой модели путь описывается как линия, что соответствует пространственному размещению оси пути на уровне головок рельсов. Если следовать логике описания движения цепи по направляющей, то движение поезда должно описываться не одним сплайном, а целым семейством. В пространственной интерпретации это напоминает пучок нитей.

Поле исследования расчетной модели поезда достаточно широко. Его можно выполнять в рамках учебно-исследовательской работы (УИРС) или в научно-исследовательском кружке при кафедре с последующим докладом на студенческой научной конференции и использованием разработанных материалов в дипломном проектировании.

УДК 693.542.4

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ДОРОЖНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. Ю. ДОРОШЕНКО
Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Основными направлениями технического прогресса в технологии бетонных работ является ускорение твердения бетона, повышения оборачиваемости форм и опалубки, уменьшение энергозатрат, повышение долговечности конструкций, уменьшения расхода цемента.

При использовании цементного бетона при строительстве дорог решается ряд вопросов, связанных с технологией бетонирования и эксплуатацией затвердевшего бетона. Среди них обеспечение заданной подвижности бетонной смеси, достаточной прочности бетона в ранние сроки твердения, марочной прочности на сжатие и изгиб и необходимых эксплуатационных показателей.

Повышения и улучшения основных физико-механических показателей цементного бетона можно достичь путем модификации цементного бетона за счет применения химических добавок при приготовлении цементно-бетонной смеси [1]. Использование химических добавок может быть не совсем целесообразным вследствие повышения стоимости цементного бетона. Поэтому становится

актуальным вопрос замены чистых химических продуктов некоторыми отходами промышленных производств. Применение отходов в дорожном строительстве может быть целесообразным при выполнении ряда условий. Имеется достаточное количество отходов для удовлетворения потребности при использовании в технологии производства цементного бетона; отходы не являются потенциально вредными при их применении во время изготовления бетона и во время его эксплуатации; дальность транспортировки отходов на бетонный завод незначительна.

В работе рассматриваются вопросы использования отходов глиноземного производства – красного шлама, который накапливается в шламбассейнах с химическим составом, мас. %: Fe_2O_3 – 43,5; Al_2O_3 – 20,0; SiO_2 – 12,42; CaO – 11,2; Na_2O – 7,25; TiO_2 – 5,34; P_2O_5 – 0,24; V_2O_3 – 0,23.

Химический анализ проб красного шлама показывает незначительные колебания как по количественному, так и по качественному составу, что объясняется постоянством технологии и сырьевой базы.

Предварительно обезвоженный до влажности 5–10 % красный шлам обрабатывался технической соляной кислотой (концентрация – 27,5 %) в соотношении 1:0,5…1:2,5 по весу. В результате экзотермической реакции температура смеси повышалась до 100–120 °С.

После охлаждения пульпа растворялась водой. В качестве добавки использовалась растворенная водой пульпа или раствор, полученный после отстоя пульпы.

Был проведен анализ химического состава водных солянокислотных выдержек, который показал, что солевая смесь состоит из 66 % $FeCl_3$; 16 % NaCl; 13 % $CaCl_2$; 5 % ($AlCl_3$, $TiCl_3$ и других). Установлено, что за счет кислотного взаимодействия количество водорастворимой соли повысилось в 31,3 раз (8,15 г на 100 мл жидкой фазы по сравнению с 0,25 г на 100 мл жидкой фазы без отделки кислотой).

Портландцемент является полиминеральным вяжущим, и однокомпонентные добавки хлоридов равно влияют на повышение свойств отдельных клинкерных минералов и цемента в целом. Наличие определенного комплекса ионов позволяет резко усилить эффект повышения прочности по сравнению с прочностью, полученной при использовании однокомпонентной добавки.

Действие многокомпонентной добавки проявляется как в начальный период структурообразования, так и при дальнейшем твердении и выражается в изменении кинетики растворения вяжущего, кинетики новообразования гидратных фаз, а также морфологии и прочности структуры. При лучших результатах по прочности при сжатии цементного камня с добавкой красного шлама по сравнению с однокомпонентными добавками ($CaCl_2$, $AlCl_3$, NaCl, $FeCl_3$) установлено уменьшение водопотребности для получения теста нормальной густоты. Этот факт можно объяснить с коллоидно-химических позиций повышением конкурирующего влияния катионов Na 1+ и Ca 2+, который уменьшает водопотребность, повышает сроки схватывания, ослабляет сильное коагулирующее действие трехзарядных катионов Fe 3+ и Al 3+, в результате чего образуются условия для оптимального структурообразования цементного камня.

В работе исследовали влияние добавок на рост прочности при сжатии цементного камня с однокомпонентными добавками $CaCl_2$, $AlCl_3$, NaCl и $FeCl_3$, которые есть в составе обработанного красного шлама, и продуктом кислотного распада шлама. Эффективность действия добавок оценивалась по прочности цементных образцов кубов с В/Ц = 0,33. Также определялись сроки схватывания и нормальная плотность цементного теста. Использовался Здолбуновский портландцемент М500.

Максимальная прочность при сжатии цементного камня с красным шламом выше по сравнению с другими однокомпонентными хлоридами. Установлено, что наиболее эффективной однокомпонентной добавкой является $AlCl_3$.

Одной из причин высокой эффективности добавки шлама является то, что в составе красного шлама находится 5–6 % алюмината натрия и окиси ванадия до 0,5 %, которые при воздействии соляной кислоты образуют активные хлориды, обеспечивающие быстрое наращивание прочности в ранние сроки твердения.

Эффективность разработанной добавки проверяли по ее влиянию на кинетику набора прочности цементного бетона, который твердел в нормальных условиях и имел следующий состав: цемент Здолбуновский М400 – 320 кг; песок – 730 кг (Мкр = 1,47) щебень гранитный Малинского карьера двух фракций 5…10 мм – 390 кг и 10…20 мм – 760 кг. Водоцементное соотношение – 0,5. Добавка

вводилась в виде пульпы или раствора в количестве 2,8 % от веса цемента в пересчете на безводное вещество.

Параллельно готовились образцы бетона, в которые вводились в качестве добавок необработанный красный шлам (2 % от веса цемента) и 27%-й концентрации HCl в количестве 0,5 г моль/л.

Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – **Влияние добавки – продукта соляно-кислотного распада красного шлама на рост прочности бетона**

Добавка	Прочность при списании, МПа через				
	1 час	1 сутки	3 суток	7 суток	28 суток
Без добавки	0,27	5,04	10,38	14,60	19,56
Пульпа	1,46	9,82	18,76	23,40	26,60
Раствор	1,37	10,21	18,90	22,90	27,05
Необработанный красный шлам	–	5,35	–	–	19,50
HCl	–	6,17	–	–	21,86

Из данных, приведенных в таблице 1, видно, что добавка обработанного соляной кислотой красного шлама позволяет повысить прочность при сжатии через 1 сутки – в 1,9 раза; через 3 суток – в 1,8 раза; через 7 суток – в 1,6 раза; через 28 суток – в 1,37 раза.

Таким образом, применение обработанного соляной кислотой красного шлама в качестве добавки позволит:

– существенно усилить и углубить эффект за счет наличия комплекса различных катионов, действие которых проявляется на разных стадиях твердения;

– ускорить оборачиваемость форм и опалубки;

– экономить до 20 % цемента при сохранении проектной прочности бетона;

– получить бетон с ускоренным ростом прочности в начальный период твердения и без ее снижения в более поздние сроки;

– комплексно решать проблему сохранения окружающей среды;

– расширить ассортимент добавок – ускорителей твердения с существенным уменьшением стоимости (в 10 раз).

Список литературы

1 **Баженов, Ю. М.** Бетон с химическими добавками / Ю. М. Баженов. – М. : ЦМИПКС, 1987. – 59 с.

УДК 625.9

АНАЛИЗ УСТАНОВЛЕННЫХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ НА НАПРАВЛЕНИИ ГОМЕЛЬ – МИНСК

Т. А. ДУБРОВСКАЯ, А. И. СТРИЖАК, С. С. ГАПОНИК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В условиях расширения международного сотрудничества и углубления интеграционных процессов формированию международных транспортных коридоров принадлежит ведущая роль в решении транспортных проблем, связанных с обеспечением межгосударственных экономических и иных связей, с целесообразностью создания международной транспортной инфраструктуры.

Общий уровень динамического воздействия подвижного состава на путь при всех прочих равных условиях зависит от величины осевых нагрузок и скоростей движения поездов. Последние оказывают весьма существенное влияние на работу пути и, в частности, на его стабильность и напряженное состояние. Однако работа пути за длительный период времени, накопление в нем остаточных деформаций и возникновение различных повреждений усталостного характера зависят не только от уровня динамического воздействия, но и в еще большей мере от количества таких воздействий за определенный отрезок времени, иначе говоря, – от грузонапряженности.

Повышенный уровень динамического воздействия подвижной нагрузки на путь, а также увеличенная частота приложения этой нагрузки предъявляют особые требования к конструкции и содержанию пути на линиях со скоростным движением поездов и на грузонапряженных линиях.

На участке Салтановка – Жлобин запланирована организация скоростных пассажирских перевозок по маршруту Гомель – Жлобин – Минск. Данный участок является частью IX транспортного коридора.

XI трансъевропейский транспортный коридор соединяет Финляндию, Литву, Россию, Беларусь, Украину, Молдову, Румынию, Болгарию и Грецию, пересекает территорию республики с севера на юг в обход крупных промышленных центров: Витебска, Могилева, Гомеля.

Протяженность железнодорожных линий транспортного коридора № IX: направление А – Терюха – Гомель – Витебск – Езерище – 489 км; направление В – Гудогай – Молодечно – Минск – Жлобин – 372 км.

Для того чтобы вышеуказанный маршрут был востребован у пассажиров, время следования по участку должно быть минимальным. Запланировано повышение установленных скоростей движения грузовых поездов до 100 км/ч и установление скоростей движения пассажирских поездов на уровне 141–160 км/ч.

Анализ причин ограничения скорости пассажирских и грузовых поездов показал, что главными факторами, которые сдерживают повышение скорости на всём участке, являются:

– состояние верхнего строения пути (сверхнормативный износ рельсов, наличие дефектных скреплений и шпал);

– план линии с недостаточными длинами переходных кривых, наличие кривых малых радиусов (500 и меньше);

– станционные устройства, которые нуждаются в модернизации или реконструкции.

Направление характеризуется большой грузоподъемностью – 29,5 млн тонн брутто на км. Максимальная скорость движения поездов по участку Гомель – Минск установлена для грузовых поездов 80 км/ч, для пассажирских поездов –140/120 км/ч.

Реконструируемый участок двухпутный, тяга электровозная, система регулирования движения поездов – полуавтоматическая блокировка. Возможность повышения скорости движения пассажирских поездов до 160 км/ч на участке Салтановка – Жлобин основывается на анализе технических характеристик, показателей плана и профиля, а также причин, ограничивающих скорость. Эти характеристики для указанных направлений приводятся в таблице 1. В плане участок имеет 64 % прямых и 36 % кривых; протяженность насыпей и нулевых мест – 95 %, выемок – 5 %. Глубина выемок и высота насыпей не превышает 12 м. Основным ограничивающим уклоном является руководящий уклон, равный 9 ‰.

Железнодорожное направление Салтановка – Жлобин двухпутное, электрифицированное, длина рассматриваемого участка составляет 21,957 км.

Таблица 1 – **Распределение кривых по величине радиуса**

R, м	300–600	601–800	801–1200	1201–2000	>2000	Прямые	$\frac{L,\text{м}}{\sum S/L,\%}$
$\sum S$,м	–	742,2	735,6	855,46	4266,66	36400,994	43000,914
$\sum S/L$,%	–	1,73	1,71	1,99	9,92	84,65	100

По данным таблицы 1 можно отметить, что существующее состояние плана линии направления Салтановка – Жлобин характеризуется достаточно большой протяженностью прямых участков пути, составляющих 84,65 % от всей длины линии. В результате этого можно предположить, что ограничений скорости, обусловленных состоянием плана линии, будет незначительное число. Об этом же свидетельствует и общая длина кривых с R < 1200 м, которая составляет 1,48 км, или 3,44 %.

Анализ ограничений скорости показал, что наиболее распространенными являются ограничения скорости по станциям, где марка стрелочного перевода не соответствует уровню скорости при расположении стрелочного перевода в кривой, а также ограничения, связанные с недостаточным возвышением наружного рельса в кривых и недостаточным радиусом кривых. При увеличении скоро-

сти до 160 км/ч значительно возрастает число ограничений скорости из-за недостаточной величины возвышения наружного рельса в кривых на перегонах и несоответствия марки стрелочного перевода уровню максимальной скорости на станциях. Также причинами ограничений скорости являются неудовлетворительное состояние большинства малых водопроводных труб и мостов, построенных в довоенные и послевоенные годы, что приводит к ограничениям по ним до 80 км/ч; изношенность и загрязненность верхнего строения пути, вызванные, прежде всего, техническим старением материалов и конструкций, неудовлетворительным содержанием пути, а также плохим состоянием подвижного состава; наличие постоянно и длительно действующих ограничений скорости по причине отклонений содержания пути в плане и профиле.

Список литературы

1 Организация переустройства железных дорог под скоростное движение поездов : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / под ред. И. В. Прокудина. – М. : Маршрут, 2005. – 716 с.

2 Об установлении допускаемых скоростей движения поездов на Белорусской железной дороге : приказ Белорусской железной дороги от 02 июля 2013 г. № 231Н. – Минск, 2013.

УДК 625.9

РЕКОНСТРУКЦИЯ УЧАСТКА ВОЛКОВЫСК – ЗЕЛЬВА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Т. А. ДУБРОВСКАЯ, В. В. СТУПИШ, А. И. ВАРЕНИК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При реконструкции железных дорог решаются такие задачи, как доведение параметров линии до проектных. Выполняются работы, связанные с переходом на более мощное верхнее строение пути.

При проектировании реконструкции логично было бы руководствоваться теми же нормативными требованиями, что и при проектировании новых железных дорог. В этом случае были бы получены наилучшие результаты: увеличены скорости движения грузовых и пассажирских поездов, улучшена плавность движения поездов, созданы более благоприятные условия для пропуска поездов повышенных массы и длины. В некоторых случаях при реконструкции выдерживать нормы проектирования удается, только подвергая существенной перестройке многие капитальные сооружения. Это далеко не всегда технико-экономически оправдано, поэтому для сохранения постоянных устройств иногда можно пойти на известные отступления от норм проектирования новой линии.

Одним из наиболее важных и сложных вопросов при реконструкции железных дорог является проектирование плана линии. В силу ряда причин (динамическое воздействие проходящих поездов, изменение температуры воздуха, выпадение атмосферных осадков и т. п.) железнодорожный путь в плане имеет неправильное очертание, отличающееся от того, которое он должен иметь по первоначальному проекту. В процессе реконструкции для обеспечения нормальных условий эксплуатации план линии должен быть приведен в правильное геометрическое положение, а также в соответствие с требованиями норм проектирования. Работы по проектированию плана линии при реконструкции необходимо разделить на следующие основные виды:

– расчеты переустройства кривых существующего пути с приведением их к правильному геометрическому положению;

– расчеты реконструкции плана существующего пути;

– проектирование плана спрямляющихся участков трассы и обходов.

Наиболее ответственными участками плана являются кривые. При прохождении поездов в кривых возникают боковые силы, действующие на путь и экипажи. Эти динамические силы не должны нарушать устойчивость пути и плавность движения поездов. При проектировании реконструкции плана необходимо получить геометрически правильную кривую с точным расчетом всех ее элементов.

Участок Белорусской железной дороги Волковыск – Зельва находится в Гродненской области и обслуживается Волковысской дистанцией пути. Развернутая длина направления Волковыск – Зельва 27,651 км. На данном участке обращаются ЧМЕ3, М62, 2ТЕ10, ТМЭ-1 – грузовое движение и ДР1А, ТЕП70, ТЕП60, ДП1 – пассажирское. Показатели плана и профиля участка Волковыск – Зельва сводим в таблицу 1. Максимальная скорость движения поездов по участку Волковыск – Зельва установлена для грузовых поездов 90 км/ч, для пассажирских поездов – 120 км/ч, однако «реальные» скорости очень далеки от установленных. Для грузовых и пассажирских поездов – порядка 60 км/ч (рисунок 1).

Причинами этого являются кривые малого радиуса, составные кривые, недостаточные прямые вставки, постоянное использование руководящего уклона, на всём протяжении участка существует затяжной подъем для грузового направления. Для решения данной проблемы предусмотрены реконструкция плана линии участка Волковыск – Зельва и переустройство продольного профиля с целью улучшения тяговых характеристик и уменьшения износа рельсов при движении грузового подвижного состава в сторону подъема.

При реконструкции существующей железной дороги решают следующие задачи: оптимизация положения трассы в плане и профиле; выбор элементов технического оснащения линии, в частности, тип локомотива, назначение пути увеличения провозной способности железной дороги.

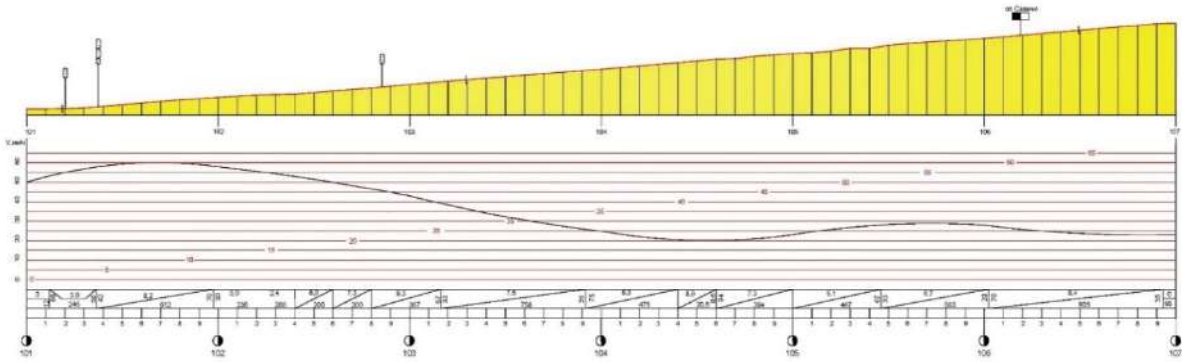


Рисунок 1 – Кривая скорости тепловоза М62

Таблица 1 – **Технические характеристики участка Волковыск – Зельва**

Характеристика	Показатель
Протяженность участка (развернутая длина), км	27,651
Число главных путей, шт.	1
Протяженность кривых участков, км	12,879
Минимальный радиус кривой, м	619
Протяженность прямых участков, м	14,772
Максимальное возвышение наружного рельса, мм	70
Руководящий уклон, ‰	7
Тип рельсов на главных путях	Р65
Сортировочные станции	Волковыск-Центральный
Крупные пассажирские станции	Волковыск
Протяженность площадок, км/%	0,43/1,56
Протяженность уклонов, км/%	27,221/98,44

Для того чтобы решить эти и другие задачи проектирования железных дорог, надо располагать алгоритмическими методами, позволяющими определить массу поезда при известном продольном профиле и заданном локомотиве, скорости движения и время хода поезда, расход электрической энергии при электрической тяге или дизельного топлива при тепловозной тяге. Кривая скорости тепловоза М62 после реконструкции участка показана на рисунке 2.

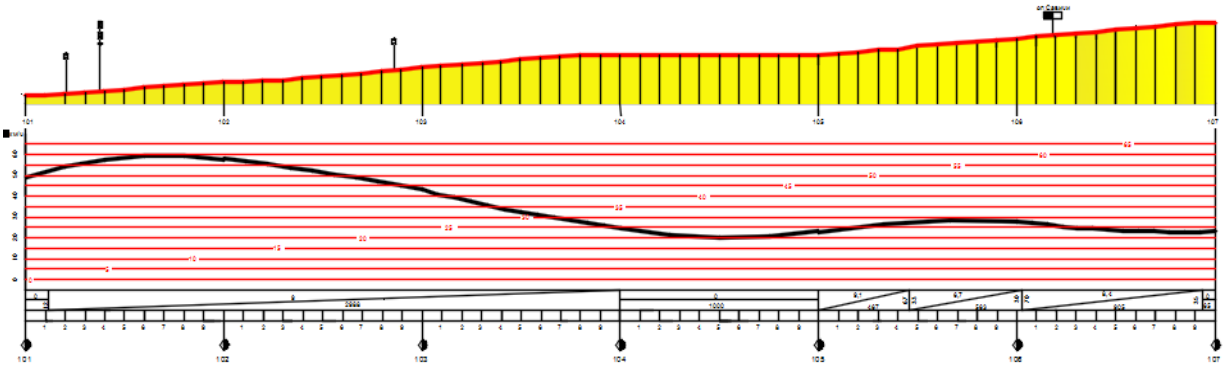


Рисунок 2 – Кривая скорости тепловоза М62 после реконструкции участка

Согласно тяговым расчетам скорость движения увеличится примерно на 12 %, при этом износ рельсовых нитей уменьшится.

УДК 347.763.1

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ УКРАИНЫ

Е. Н. КЛЮЕВА
Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Водный транспорт – это вид транспорта, который перевозит грузы или пассажиров по водным путям сообщения как естественным (океаны, моря, реки, озера), так и искусственным (каналы, водохранилища). Водному транспорту присущи определенные свойства, которые проявляются через основные категории водного транспорта, наделенные определенным юридическим статусом. Водный транспорт состоит из двух отдельных элементов: морского и речного транспорта.

Внутренние водные пути – один из важных элементов развития украинской инфраструктуры и эффективная альтернатива международным автомагистралям. В Украине, как и во всем мире, в настоящее время растет спрос на перевозки внутренним водным транспортом. Грузовладельцы, прежде всего металлопроизводители и зернотрейдеры, в условиях экономической нестабильности, роста цен на горючее, увеличения случаев перебоев в работе железнодорожного и автомобильного транспорта из-за конфликта на востоке страны пытаются сократить транспортные расходы и улучшить логистику перевозок. Речное судоходство становится всё более актуальным и востребованным в Украине. Внутренний водный транспорт уже в ближайшей перспективе может восстановить утраченные позиции и составить серьезную конкуренцию железнодорожному и автомобильному транспорту [1].

Нельзя недооценивать перспективность развития внутреннего водного транспорта и потенциальную возможность существенно нарастить свое представительство на рынке грузовых и пассажирских перевозок. Внутренние водные пути Украины определены Европейским соглашением о важнейших внутренних водных путях международного значения, включают реки, в частности, Дунай (Р80), Днепр (Р40), Днестр (Р90). Общая длина судоходных рек Украины, которые используются как водные пути, составляет 2241 км, из которых Днепр является важнейшей воднотранспортной магистралью. Бассейн Днепра занимает около 65 процентов речного пространства Украины. Подписав Соглашение об ассоциации между Украиной, с одной стороны, и Европейским союзом, Европейским сообществом по атомной энергии и их государствами-членами – с другой, Украина взяла на себя ряд обязанностей по развитию внутренних водных путей, в частности, разработки в сотрудничестве с ЕС стратегии развития речного транспорта, включение речного транспорта в систему мультимодальных перевозок и сеть приоритетных транспортных маршрутов, учитывая поддержку внедрения государственной политики по развитию Украины как транзитного государства,

имплементации в национальное законодательство норм европейского права в области внутреннего водного транспорта [2].

Развитие внутреннего водного движения полностью соответствует условиям Соглашения об ассоциации между Украиной и Европейским Союзом, Европейским сообществом по атомной энергии и их государствами-членами. В частности, Соглашением предусмотрена имплементация Украиной Директивы ЕС в области обеспечения безопасности (Директива № 2006/87 / ЕС Европейского Парламента и Совета от 12.12.2006 г., которая устанавливает технические требования к судам на внутренних водных путях; Директива № 2008/68 / ЕС Европейского Парламента и Совета от 24.09.2008 г. по перевозке опасных грузов по внутренним путям. Можно отметить, что Украиной выполняются обязательства по имплементации вышеуказанных директив. Создание Комитета (CESNI) было вызвано необходимостью выработки общих стандартов для внутренних водных путей Европы, принятие их с целью единообразного толкования, рабочего языка, осуществления соответствующих процедур, обмена информацией и механизмов надзора. Для выработки стандартов комитет принял решение привлечь экспертов из государств – членов Европейского союза, представителей международных организаций, заинтересованных во внутреннем судоходстве Европы. Участие Украины в этой организации принесет только пользу и положительно отразится на развитии судоходства по внутренним водным путям.

В 2014 г. Верховная Рада Украины ратифицировала Будапештскую конвенцию о перевозке грузов по внутренним водным путям (ЗУ № 1229-VII от 17.04.2014 г.). Ратификация конвенции будет способствовать унификации правил международных перевозок грузов внутренними водными путями, что позволит устранить препятствия в осуществлении украинскими перевозчиками международных грузовых перевозок и расширить их участие в судоходстве на европейских реках, в частности на реке Дунай. Закон Украины «О Внутренних водных путях» включает частичную имплементацию четырех директив ЕС относительно технических требований к судам внутреннего плавания, сертификацию, признание дипломов, речной информационной службы и перевозки опасных грузов.

С целью общественного обсуждения на официальном сайте Министерства инфраструктуры Украины обнародовано заявление об определении объема стратегической экологической оценки проекта Стратегии развития внутреннего водного транспорта Украины на период до 2031 года и плана мероприятий по ее реализации. Анализ положений Стратегии указывает на то, что эффективное использование внутренних водных путей Украины требует решения следующих основных проблем: несовершенная, устаревшая, а иногда и вовсе отсутствующая публичная инфраструктура (в частности, шлюзы, навигация, габаритно-судовой ход), которая не обеспечивает эффективную логистику, в том числе полноценное участие внутреннего водного транспорта в мультимодальных перевозках; отсутствует достаточное частная инфраструктура (терминальные комплексы, мультимодальные логистические центры и т. п.); старение и дефицит современного грузового и технического флота; отсутствие системной кадровой политики и квалифицированного персонала на внутренних водных путях; несовершенное законодательство, которое не обеспечивает четкое регулирование, создает избыточную бюрократическую нагрузку и не создает привлекательный инвестиционный климат; отсутствие закона о внутреннем водном транспорте и, соответственно, отсутствие устойчивого механизма финансирования отрасли; отсутствие целостного, системного государственного управления отраслью и тому подобное. Инфраструктура речных причалов (вокзалов) не соответствует современным международным техническим характеристикам и стандартам и используется лишь на 5–10 % от своей пропускной способности. Подавляющее большинство речных портов основано в советское время. Сокращение отечественного речного флота, техническое и моральное старение судов, неудовлетворительное состояние инфраструктуры, в частности приближения к аварийному состоянию значительного количества гидротехнических сооружений, отсутствие средств для государственного финансирования развития речной инфраструктуры и недостаточная заинтересованность частных инвесторов участвовать в ее развитии создают угрозу дальнейшего упадка речного транспорта в Украине [3].

Отсутствует четкое распределение ответственности за содержание и развитие внутренних водных путей, дублируются функции между органами исполнительной власти. Кроме того, река Днепр закрыта для свободного прохождения судов под иностранным флагом без соответствующего одно-

разового разрешения, а также для работы иностранного флота между портами Украины (каботаж) без разрешения на каботажные перевозки.

Именно на решение вышеуказанных проблем направлена работа Министерства инфраструктуры Украины с целью развития внутреннего водного транспорта и интеграции его в приоритетную Европейскую транспортную сеть. По мнению экспертов, чтоб восстановить судоходство по Днепру, в первую очередь необходимо провести дноуглубительные работы, что обеспечит безопасность плавания по рекам, расширит возможность захода во внутренние воды разных категорий судов.

Список литературы

1 Министерство инфраструктуры [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа : https://mtu.gov.ua/content/informaciya-pro-vodniy-transport-ukraini.htm. – Дата доступа : 15.09.21.

2 **Довгань, В.** Розвиток внутрішніх водних шляхів – дорога до євроінтеграції [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://cfts.org.ua/blogs/rozvitok_vnutrishnikh_vodnikh_shlyakhiv__doroga_do_evrointegratsi_251. – Дата доступу : 15.09.21.

3 Пресс-релиз [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://mtu.gov.ua/news/32856.html. – Дата доступа : 15.09.21.

4 Днопоглиблення Дніпра: на дні відомчих проблем [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://www.nibulon.com/news/novini-kompanii/dnopogliblennya-dnipra-na-dni-vidomchix-problem.html. – Дата доступу : 15.09.21.

УДК 625.142.215:658.2(476)

МОНИТОРИНГ ШПАЛОПРОПИТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

П. В. КОВТУН, О. В. ОСИПОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. А. СУЩЕНОК, В. А. ДЕРШАНЬ
Белорусская железная дорога, г. Борисов

Одним из основных элементов железнодорожного пути являются шпалы, обеспечивающие пространственную устойчивость рельсо-шпальной решетки. До сих пор на всех мировых железных дорогах применяются деревянные шпалы, главное достоинство которых – это эксплуатационная и производственная простота. По состоянию путевого хозяйства Белорусской железной дороги на 01.01.2021 г. на деревянном основании лежит 1929,8 км пути и 3117 комплектов стрелочных переводов. Обеспечение потребности Белорусской железной дороги в деревянных шпалах, брусьях для стрелочных переводов и мостовых брусьях в полном объёме выполняет ОАО «Борисовский шпалопропиточный завод», основанный в 1902 году.

Территория завода в 1902 г. составляла около двух гектаров, на которых расположились два железнодорожных пути: путь № 37 «Погрузочный» и путь № 38 «Заводской». На шпалопропиточном заводе уже в первое десятилетие его создания и развития было приобретено и смонтировано два пропиточных цилиндра, гидравлические насосы, котел и машина. Все эти механизмы работали на парýу. Шпалы пропитывали дегтярным химическим раствором. В 30-е годы XX столетия в связи с интенсивно развивающимся путевым хозяйством территорию завода расширили для складирования древесины; проложили подъездной путь № 39 – «Болотный»; оборудовали еще один дополнительный склад в районе Зеленого городка, откуда шпалы транспортировались на завод купленным ширококолейным мотовозом с арендуемым подвижным составом. В 1939 году предприятие получило кран на железнодорожном ходу, а в следующем завод купил два новых шуховских котла. После войны завод пришлось восстанавливать с нуля. В 1958 году прошла небольшая реконструкция: устаревшие пропиточные цилиндры с болтовым креплением были заменены новыми с полуавтоматическим креплением крышек, расширена территория завода. В шестидесятые годы был установлен третий пропиточный цилиндр. В 1990 году на предприятии было пропитано 178 м^3 древесины. Производство работало практически круглосуточно. Оно обеспечивало своей продукцией Беларусь, почти треть потребностей Украины, всю Литву, Латвию, а также других потребителей. С 2000 года на предприятии началась масштабная реконструкция. Результатом стал ввод в эксплуатацию новых

мощностей. В 2009 году на предприятии были разработаны и внедрены новые пропиточные биозащитные растворы на основе антисептиков TANALITHE, не требующие подогрева. В следующем (2010) году на заводе разработан и внедрен отечественный пропиточный состав на основе сланцевого масла и пиролизной смолы «Средство защитное СМПС». В 2013 году реализована программа модернизации: введена «Линия поверхностной наколки шпал и забивки торцевых пластин». Это новейшее оборудование позволило при обработке изделий из древесины методом «вакуум – давление – вакуум» обеспечивать равномерную пропитку антисептиком всей ее поверхности. Обработанная таким образом древесина будет служить пятнадцать лет и более.

В настоящее время Борисовский шпалопропиточный завод – мощное современное предприятие, которое полностью отвечает требованиям экологической безопасности [1].Деревянные шпалы, которые изготавливаются на заводе, получили самое широкое распространение на железных дорогах Беларуси, а также в ближнем и дальнем зарубежье. Деревянные шпалы изготавливаются по ГОСТ 78–2014 различных типов (I–III) и видов (обрезные, полуобрезные, необрезные). Наибольшее распространение и применение на сегодня получили обрезные шпалы 2-го типа (для главных путей 3-го и 4-го классов, путей необщего пользования с интенсивной работой, приемоотправочных и сортировочных путей на станциях). Продление срока службы деревянной шпалопродукции имеет большое народнохозяйственное значение. Чтобы увеличить ее долговечность, необходимы целый комплекс мероприятий и выполнение множества требований. Для длительной эксплуатации деревянных шпал требуется глубокая пропитка как легко-, так и труднопропитываемых зон древесины. Эффективная пропитка может быть обеспечена лишь при надлежащей предпропиточной подготовке древесины. К подготовительным операциям относятся: окорка, сушка, механическая обработка, микробиологическая обработка, накалывание. Сушка древесины в обязательном порядке проводится перед капиллярной пропиткой и пропиткой под давлением, в том числе автоклавной. Защита шпалопродукции от биоповреждений достигается при глубине пропитки древесины не менее 15 мм.

Анализ экспериментальных данных [2] позволил установить, что пропиточный состав СМПС распространяется от накола в направлении поперек волокон на расстояние 3,0–3,5 мм, вдоль волокон – 37,5–43,1 мм. Проникает пропиточный состав и в глубину на 2,1–3,0 мм. Оценку эффективности предпропиточного накалывания на заводе проводили путем сравнительной пропитки в одинаковых условиях наколотой и ненаколотой древесины. В опытах использовали образцы еловой древесины с размерами 100×100×400 мм. Накалывание образцов производили в соответствии с разработанной сеткой. Предпропиточная влажность образцов составляла 30 % и была равномерно распределена в объеме древесины за счет предварительного выдерживания в климатической камере до равновесного состояния. Пропитку осуществляли на лабораторной установке способом «вакуум – давление – вакуум». Для пропитки использовали разработанное защитное средство СМПС.

Глубина вакуумирования составляла 0,085 МПа, давление при пропитке – 1,2 МПа. Температура пропиточного состава была принята равной 60 °С. При данной температуре уже достигается высокая проникающая способность защитного средства СМПС (коэффициент по поглощению равен 0,85). В процессе пропитки через каждые 10 мин фиксировали поглощение древесиной защитного средства СМПС. По опытным данным были построены графические зависимости и составлены уравнения регрессии, описывающие зависимость поглощения антисептика от времени выдержки пропитываемой древесины под давлением. Высокие значения коэффициентов детерминации ($R12 = 0,991$; $R22 = 0,996$) свидетельствуют о соответствии уравнений экспериментальным данным. Из графиков видно, что предпропиточное накалывание труднопропитываемой еловой древесины позволяет увеличить поглощение защитного средства СМПС в 1,9 раза. При этом глубина пропитки достигает 16 мм, что значительно больше, чем у ненаколотой древесины (2–3 мм). Сопоставление микрофотографий непропитанной и пропитанной древесины показывает, что защитное средство СМПС заполняет поры древесины и тем самым обеспечивает ее биозащиту. Таким образом, полученные экспериментальные данные подтвердили эффективность использования разработанного способа накалывания для повышения качества автоклавной пропитки древесины защитным средством СМПС.

На сегодня наиболее распространенными и признанными во всём мире водорастворимыми биозащитными средствами для защиты древесины в тяжелых условиях эксплуатации являются анти-

септики TanalithE (Англия, компания ArchTimber), BochemitForte (Чехия, компания Bogemia), OsmoseNatureWood (Германия, компания Osmose), NEOMID 430 Eco (Россия, компания «ЭКСПЕРТ-ЭКОЛОГИЯ»), Permawood, Kemwood, Laporte, LignosanG. Лидером среди них является TanalithE. Для этих защитных средств установлен соответствующий срок службы на основе испытаний в естественных условиях. Предлагаемые современные маслянистые защитные средства (сланцевое и каменноугольное масла, креозот и др.) рассчитаны на высокотемпературный процесс пропитки деревянных шпал (90–100 °С). Это влечет за собой дополнительные энергетические затраты на нагрев и большое количество вредных выбросов в окружающую среду. Необходимость подогрева вызвана высокой вязкостью маслянистых антисептиков.

Учитывая вышесказанное, а также то, что все применяемые в настоящее время маслянистые защитные средства в Беларуси не производятся и имеют высокую стоимость, после длительных исследований и опытного производства были разработаны пропиточный состав и технология пропитки деревянных шпал защитным средством СМПС, на которое получен патент Республики Беларусь № 14316. На сегодня БШПЗ продолжает развитие качества шпалопродукции и технологии их получения. Благодаря эффективному симбиозу науки, производства и образования создаются и тестируются новые виды деревянной шпалопродукции, новые комплексные средства защиты древесины и технологии.

Список литературы

1 Анализ технологий шпалопропиточного производства ОАО «Борисовский шпалопропиточный завод» / В. П. Новик [и др.] // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2021. – № 1. – С. 65–67.

2 Белорусские шпалы. – Минск, 2019. – 160 с.

УДК 625.9

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ

П. В. КОВТУН, А. И. СТРИЖАК, А. Ф. БЛАДЫКО, В. А. ЦАРИКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проблема повышения скоростей движения поездов на железной дороге является важной задачей, стоящей перед Белорусской железной дорогой. Реконструктивные мероприятия для повышения скоростей движения на железной дороге должны проектироваться так, чтобы были гарантированы безопасность и бесперебойность движения поездов, сократилось время пассажиров в пути при обеспечении потребных размеров перевозок и наименьших строительно-эксплуатационных затратах. На рисунке 1 схематично представлены основные технические решения по повышению скорости движения поездов.

Реализация каждого из этапов может приводить к повышению скорости движения на участке пути. Выбор того или иного этапа зависит от плана и профиля линии, существующей инфраструктуры и других факторов.

При высоких скоростях движения для обеспечения комфортабельности езды пассажиров предъявляются более жесткие требования к плану линии: кривых малых радиусов, длины прямых вставок и переходных кривых увеличиваются для стабилизации подвижного состава на концах круговых кривых, пересечения с автодорогами осуществляются в разных уровнях, заменяются стрелочные переводы, переустраиваются пассажирские платформы. Кроме того, модернизируются устройства системы центральной блокировки и связи, усиливаются контактная сеть и тяговые подстанции, принимаются меры по защите окружающей среды.

При проходе подвижного состава по кривым возникают центробежные силы, стремящиеся опрокинуть экипаж наружу кривой. Это может произойти лишь в исключительных случаях. Однако центробежная сила неблагоприятно действует на пассажиров, вызывает боковое воздействие на путь, перераспределение вертикальных давлений на рельсы обеих нитей и перегруз наружной нити, что приводит к усиленному боковому износу рельсов и гребней колес. Кроме того, возможны раскантовка рельсов, уширение колеи или поперечный сдвиг рельсошпальной решетки, т. е. расстройство положения пути в плане. Во избежание указанных явлений устраивают возвышение наружной рельсовой нити над внутренней. Возвышение наружного рельса рассчитывается исходя из двух требований: обеспечения одина-

кового давления колес на наружную и внутреннюю рельсовые нити, следовательно, одинакового вертикального износа обоих рельсов; обеспечения комфортности езды пассажиров, характеризуемой допускаемым непогашенным центробежным ускорением. Возвышение наружного рельса устраивается в кривых радиусом 4000 м и менее. В основу расчета положено стремление обеспечить равенство поперечных составляющих центробежной силы и веса экипажа. Повысив величину допустимого непогашенного ускорения до 0,9 м/с^2, можно добиться увеличения скорости в среднем на 15 %. Применение подвижного состава с наклоном кузова типа Talgo (Стриж) позволяет увеличить скорость прохождения криволинейных участков на 8–12 % при составных кривых и малых радиусах и около 20 % – при одиночных кривых.

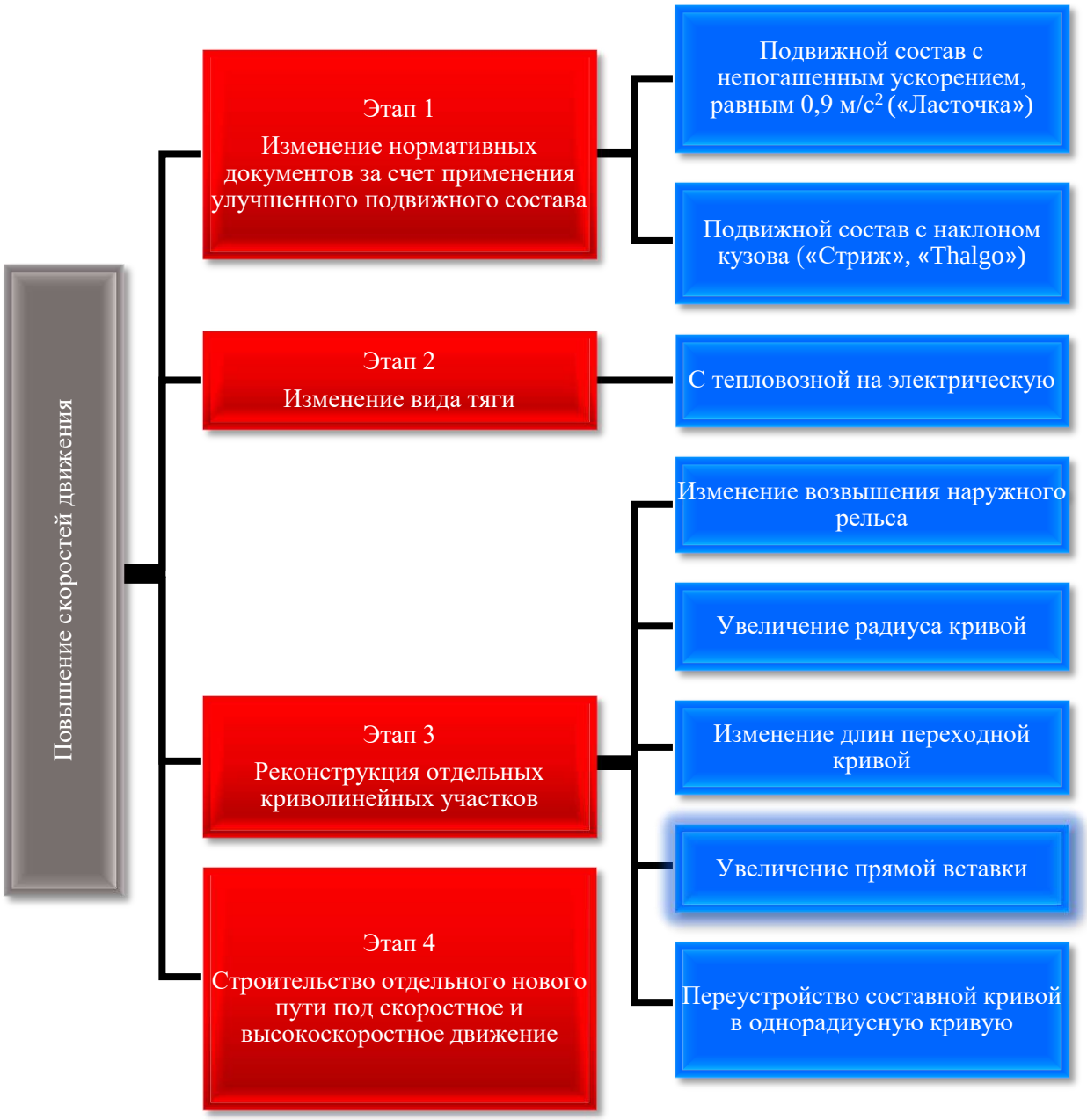


Рисунок 1 – Основные пути повышения скоростей движения

Введение более мощных локомотивов значительно повышает пропускную способность. Однако переход к новым средствам тяги требует больших капиталовложений как на приобретение самих локомотивов, так и на переустройство деповского хозяйства, экипировочных устройств, удлинение станционных путей, усиление пути и искусственных сооружений и т. д. Таким образом, внедрение

более мощных локомотивов должно быть обосновано технико-экономическими расчётами путем сопоставления требуемых затрат с ожидаемым эффектом.

Замена тепловозов электровозами позволяет увеличить пропускную способность линии в поездах на 20–30 %. Это происходит за счет повышения скорости движения и веса поезда. Электрификация железнодорожной линии требует больших капиталовложений. Однако это обходится дешевле, чем строительство дополнительного главного пути магистральной линии.

Прямые и криволинейные участки во избежание внезапного возникновения центробежной силы плавно сопрягают с помощью переходных кривых (ПК). Основное назначение переходных кривых заключается в обеспечении плавного изменения центробежных сил при входе и выходе экипажа из круговой кривой (КК). На их протяжении осуществляются плавные отводы, вызванные наружной рельсовой нитью и уширением колеи в круговой кривой. При увеличении радиусов кривых для обеспечения более высоких скоростей движения поездов необходимо увеличивать и переходные кривые и длины прямых вставок для более плавного и безопасного движения поездов.

Список литературы

1 Организация переустройства железных дорог под скоростное движение поездов : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / под ред. И. В. Прокудина. – М. : Маршрут, 2005. – 716 с.

2 Об установлении допускаемых скоростей движения поездов на Белорусской железной дороге : приказ Белорусской железной дороги от 02 июля 2013 г. № 231Н. – Минск, 2013.

УДК 625.7/.8

ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТРАНСПОРТНЫЙ ШУМ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

А. А. ЛАБЫКИН, И. Н. КРУЧИНИН, О. Н. БАЙЦ, Д. В. ОВСЕЙЧИК
Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация

В современных условиях эксплуатации городских автомобильных дорог, когда постоянно происходит увеличение интенсивности движения и осевых нагрузок, на первый план выходит задача применения современных и эффективных дорожных технологий [1].

Однако помимо оценки эксплуатационных характеристик дорожных покрытий необходимо провести и оценку их экологической безопасности. Речь идет о шумовом загрязнении окружающей среды от автомобильных транспортных потоков.

Целью данной работы является изучение влияния тонкослойных дорожных покрытий на уровни транспортного шума в условиях городской застройки.

Для оценки транспортного шума использовался метод сравнительных измерений уровня шума транспортного потока на различных типах дорожных покрытий [2].

Измерения проводились в Свердловской области на улице Ленина г. Екатеринбурга, где в пределах одного участка имеются три вида покрытия: асфальтобетон, тип А, марка I; пакеляжная мостовая; тонкослойное дорожное покрытие типа «НОВАЧИП».

Методы измерений. При статистическом методе одновременно измеряют скорости транспортных средств и максимальные уровни звукового давления статистически значимого числа отдельно проходящих транспортных средств по отдельно взятой полосе движения. При прохождении отдельного транспортного средства регистрируют значение уровня звука и скорость движения. Разбив транспортный поток на категории транспортных средств, строят зависимости максимальных уровней звукового давления от скорости транспортного средства.

Средства измерений: акустические (шумомер АТТ-9000 – представляет собой ручной цифровой прибор, измеряющий уровень звука в диапазоне от 30 до 130 дБ в полосе частот от 31,5 Гц до 8 кГц; шумомер, или эквивалентная измерительная система, соответствует требованиям к шумомерам 1-го класса по ГОСТ 17187); средства измерения скорости транспортного средства (марка «Искра-1»); средства измерения температуры.

На рисунке 1 представлены измерения уровней шума и их статистическая обработка.

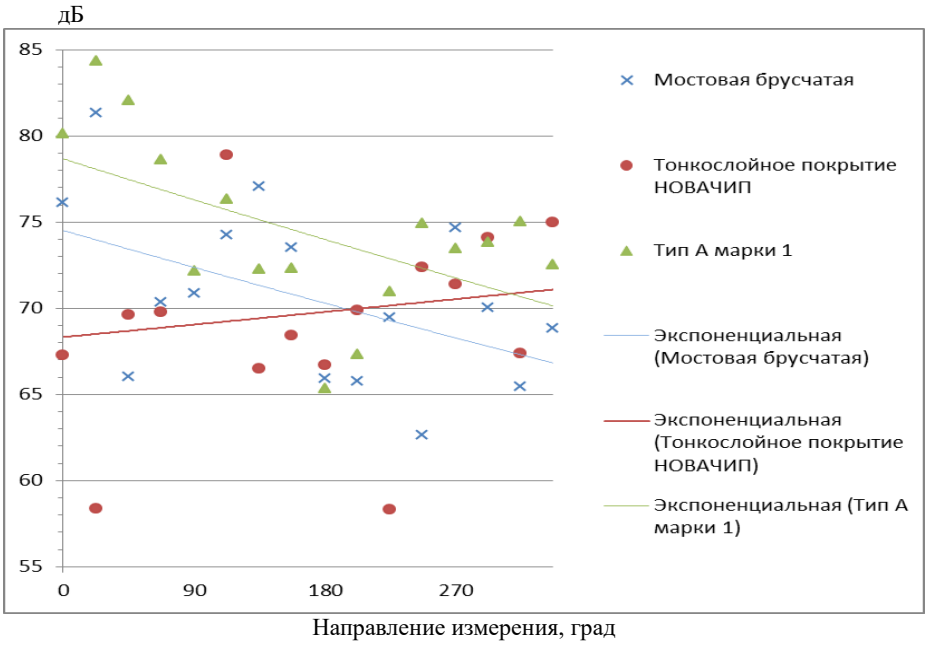


Рисунок 1 – Диаграмма шумового поля на различных дорожных покрытиях

В результате исследования установлено, что в городских условиях наибольшее влияние на транспортный шум оказывает тип дорожного покрытия. Наибольшими значениями характеризуется брусчатая мостовая, а наименьшее значение шумового загрязнения происходит от покрытий типа «НОВАЧИП», причем на этом покрытии значение меньше на 35 %, чем на покрытиях тип А марки I, и на 45 % меньше, чем на мостовой брусчатой. Следует отметить, что минимальное значение наблюдается во фронтальной плоскости и несколько возрастает при больших углах измерений. В то же время на других типах покрытий при увеличении угла расположения микрофона происходит частичное уменьшение шума, что обусловлено особенностью близ лежащей застроенной территории.

Таким образом, с целью уменьшения негативного влияние транспортного потока на окружающую среду необходимо при планировании городской застройки подбирать заданный тип дорожных покрытий.

Список литературы

1 Инновационные технологии проектирования и строительства автомобильных дорог : [монография] / Д. Г. Неволин [и др.] ; под ред. Д. Г. Неволина, В. Н. Дмитриева. – Екатеринбург : УрГУПС, 2015. – 291 с.

2 **Жарков, А. А.** Разработка методов проведения ремонтов городских улиц [Электронный ресурс] / А. А. Жарков, И. Н. Кручинин // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XVI Всероссийской науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. – Екатеринбург, 2020. – С. 204–206.

УДК 625.033.3

ПОДХОД К УТОЧНЕНИЮ УСЛОВИЙ ЦИКЛИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ ПРУЖИННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ

А. С. ЛАПУШКИН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Промежуточное рельсовое скрепление СБ-3 используется на железной дороге в Республике Беларусь в качестве одного из основных видов скреплений, укладываемых на главных железнодорожных путях. Основными достоинствами являются их малодетальность и простота монтажа. Основным недостатком данного рельсового скрепления является отсутствие приспособления для определения усилия прижатия непосредственно в пути.

Основными особенностями упругого скрепления являются отсутствие металлической подкладки и наличие прижимающего пружинного элемента. Применение упругих элементов рельсового скрепления, по сравнению с элементами резьбовыми, дает ряд преимуществ, среди которых исключение работ по опробованию и смазке болтов, подтяжке гаек до требуемого нормированного усилия и т. д.

Болтовые системы рельсового скрепления жестко крепят рельс к шпале, оставляя упругую работу нашпальной и подрельсовой прокладкам-амортизаторам. Жизненный цикл пружинного элемента в пути подразумевает выполнение им некоторой части упругой работы всего узла скрепления. При установке пружинный элемент испытывает так называемые монтажные нагрузки, и определенная часть детали по завершению процедуры монтажа в конструкцию пути оказывается предварительно нагруженной. В процессе взаимодействия системы колесо – рельс пружинный элемент попеременно нагружается и прослабляется относительно уже полученного при монтаже нагружения. Таким образом, принимая во внимание достаточно насыщенный график движения поездов, можно предположить протекание в элементе процесса многоциклового нагружения. Известно, что всякий подобный процесс в конечном итоге приводит к усталости материала, поэтому перед тем, как устанавливать упругие элементы в конструкцию пути, необходимо проведение испытаний по определению усилия прижатия после воздействия циклической нагрузки.

В условиях Республики Беларусь данный вид испытаний можно организовать лишь в лабораторных условиях при этом модель нагружения должна быть сопоставлена с работой клемм при их эксплуатации. Природа напряжений, перемещений и деформаций возникающих по сечениям клемм, обусловлена характером поездных нагрузок. Поэтому перед организацией циклических испытаний пружинных элементов необходимо уточнение работы Скрепления СБ-3 в целом под поездами.

Испытательная циклическая нагрузка пружинного элемента должна иметь характер, максимально приближенный к реальным условиям взаимодействия системы колесо – рельс. С целью получения максимально чистого результата испытаний необходимо проводить эксперименты, направленные на поиск характера распределения напряжений в монтажном и рабочем циклах элемента. Получение параметров рабочего цикла клемм возможно при проведении эксплуатационных испытаний.

Для получения представления о локализации напряжений по сечению упругих деталей можно использовать среды моделирования с приложением предполагаемых монтажных и эксплуатационных нагрузок. В качестве инструментов для построения моделей пружинных элементов промежуточных рельсовых скреплений могут выступать такие программные продукты, как Autodesk Inventor, SolidWorks, Ansys, MSC Nastran, SimDesigner, Fatigue, Autodesk Inventor Nastran, FlightLoads and Dynamics, Adams, Marc, Mvision, Dytran, Easy5 и Sofy.

На рисунках 1–3 представлены модели пружинных прутковых элементов с нанесенными на их поверхность картами распределения напряжений. Каждому значению напряжения соответствует свой цвет. Таким образом, представляется возможным наглядное определение наиболее опасных сечений. Нагружение элементов проведено в среде моделирования по теоретически предполагаемому характеру воздействия поездной нагрузки. Так, на рисунке 1 представлены пружинные клеммы СБ-3 и SB W3, применяемые в анкерных видах скреплений. На рисунке 2 представлена модель клеммы рельсового скрепления Pandrol-350, а на рисунке 3 – клемма ОП-105, применяемая в узлах промежуточных рельсовых скреплений КБ и КД.

а) *б*)

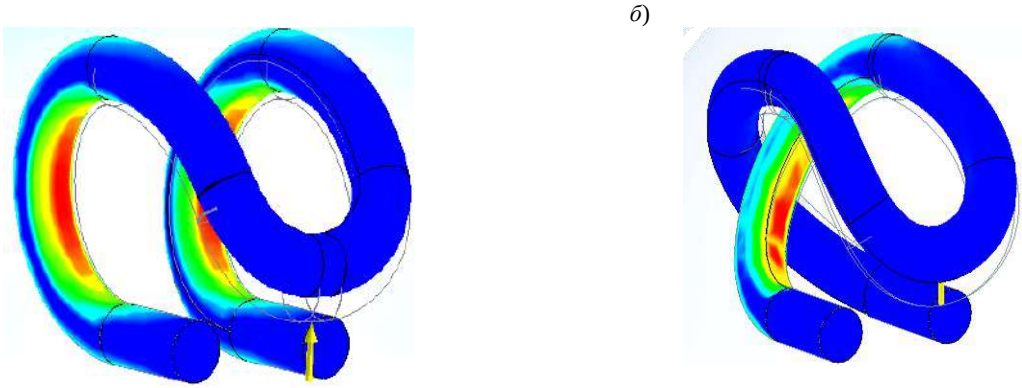


Рисунок 1 – Наиболее опасные сечения в пружинных клеммах скреплений типа СБ-3:
а – пружинная клемма СБ-3; *б* – пружинная клемма SB W3

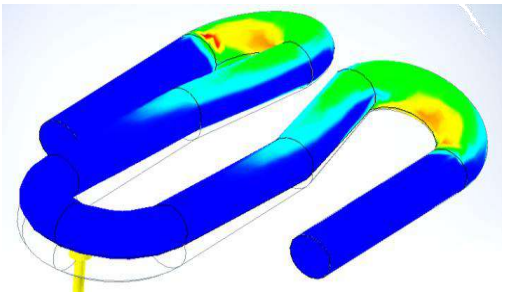


Рисунок 2 – Наиболее опасные сечения в пружинных клеммах скреплений типа Pandrol

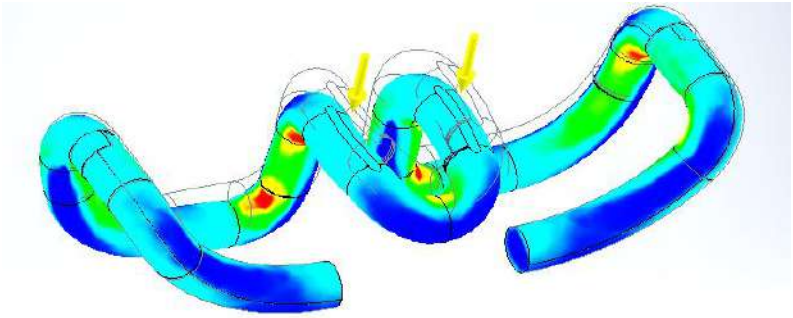


Рисунок 3 – Наиболее опасные сечения в пружинных клеммах ОП-105

После определения опасных сечений должны проводиться эксплуатационные испытания, при подготовке к которым осуществляется монтаж тензорезисторов и тензометрических датчиков перемещения в местах возникновения наибольших значений напряжений и перемещений соответственно, определенных по результатам моделирования.

Полученные при таком подходе зависимости напряжений и деформаций, возникающих от воздействий подвижного состава, в дальнейшем могут быть запрограммированы на испытательных циклических машинах-пульсаторах, обеспечивающих нагрузку идентичную нагрузке от подвижного состава. Параметры циклов могут быть основаны на экспериментальных данных, снятых с участков различного плана и профиля, а также в зависимости от особенностей и характера воздействия ходовых частей подвижного состава. Данный подход может существенно уточнить описание параметров, которые необходимы для проведения циклических испытаний пружинных элементов, входящих в состав рельсового скрепления.

УДК 625.1

МОНИТОРИНГ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ СТРУКТУРНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПМС-ГОМЕЛЬ РУП «РЕМПУТЬ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ»

А. С. ЛАПУШКИН, А. А. ГВОЗДЬ, М. В. ДУДАРЕВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Структурное подразделение ПМС-Гомель РУП «Ремпуть Белорусской железной дороги» (далее ПМС-ГОМЕЛЬ) является специализированным производственным предприятием путевого хозяйства, предназначенным для выполнения основных объёмов путевых работ по восстановительному, среднему ремонту пути и укладке плетей бесстыкового пути. Производственная база предприятия оснащена комплексом путевых машин тяжёлого типа: путеукладочными кранами марки УК-25/9-18 и УК-25/28СП, моторными платформами МПД-2, выправочно-подбивочно-отделочной машиной ВПО-3000, машиной ВПР-02М, краном на железнодорожном ходу КЖДЭ-161, ДГКу, электробалластёрами ЭЛБ-3, ЭЛБр-1.

Все производственные процессы по ремонтам укладке плетей бесстыкового пути в ПМС-ГОМЕЛЬ оснащены средствами малой механизации: электроисполнительным и гидравлическим путевым инструментом, переносными электростанциями.

Для обеспечения безопасности движения поездов при производстве путевых работ в «окно» и маневровой работы на станциях применяются носимые радиостанции СР-140, путевые знаки и сигнальные принадлежности в соответствии с Инструкцией по сигнализации на железнодорожном транспорте в Республике Беларусь.

Работы на перегонах и станциях производятся в весенне-летне-осенний период в соответствии с технологическими процессами по восстановительному ($В^{Н}$ и $В^{С}$), среднему ремонту пути, замене инвентарных рельсов сварными рельсовыми плетями, сборке новых и разборке старых звеньев рельсошпальной решетки, ремонту звеньев с железобетонными шпалами для повторной укладки в путь.

В качестве примера дана оценка возможности производства работ по восстановительному ремонту на новых материалах на участке перегона Прибор-Якимовка II главного пути 296–309 км, протяженностью 13,1 км.

При производстве работ применяется комплекс путевых машин тяжёлого типа для укладки рельсошпальной решетки УК-25/9-18, МПД-2, ВПО-300, ПРБ-08, укладки новых железобетонных шпал, промежуточного скрепления СБ, инвентарных рельсов типа Р-65, с последующей их заменой сварными рельсовыми плетями. Очистка щебня предусматривается машиной РМ-80 (РМ-76), отделка и стабилизацией пути комплексом путевых машин SSP-110, DGS-62, ВПР-09.

Работы по восстановительному ремонту пути на новых материалах на участке протяженностью 1000 м делятся на подготовительные, основные и отделочные и производятся в четыре этапа. Время выполнения работ в «окно» по предварительным расчетам составило 5 часов 26 минут.

Для обеспечения прочности и устойчивости бесстыкового пути все вновь укладываемые плети должны закрепляется в оптимальном интервале температур. Новые рельсовые плети свариваются на рельсосварочном поезде длиной до 800 метров в точном соответствии с проектом и укладываются в путь после восстановительного ремонта взамен инвентарных рельсов.

Замена инвентарных рельсов сварными плетями производится в «окно» продолжительностью 5 часов с применением моторной платформы, путеукладчика, моторного гайковерта и других механизмов.

Предприятие имеет производственную базу поперечного развития (рисунок 1), примыкающую к станции Ипуть. На базе выполняется комплекс работ: разгрузка, погрузка, хранение материалов верхнего строения пути, сборка, разборка и ремонт путевой решетки, а также формирование хозяйственных поездов. На базе имеется склад щебёночного балласта.

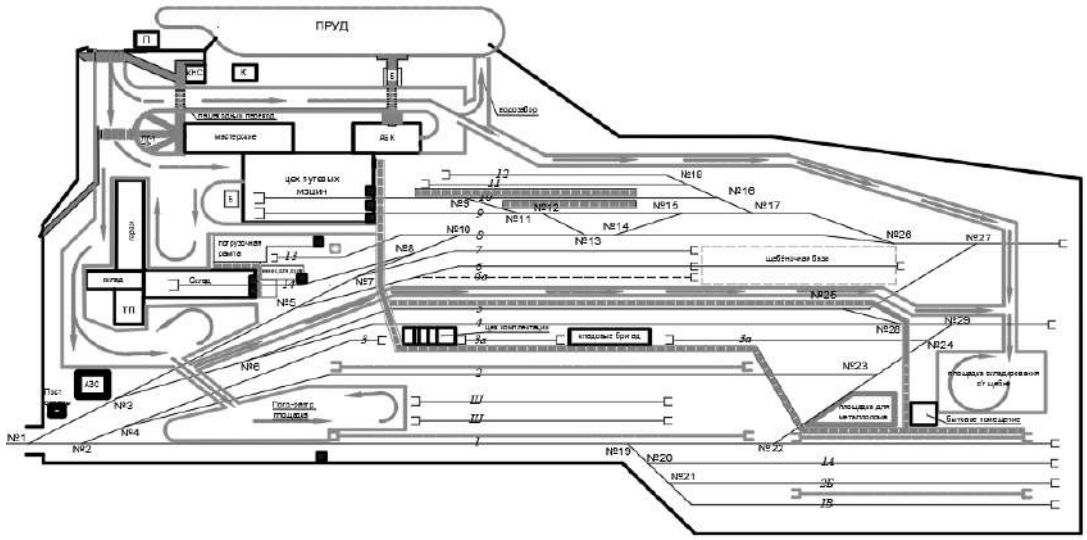


Рисунок 1 – Схема путевого развития структурного подразделения ПМС-ГОМЕЛЬ РУП «Рempуть Белорусской железной дороги»

Доставка путевой решетки и материалов верхнего строения пути с базы ПМС-ГОМЕЛЬ на участки производства путевых работ осуществляется специальным подвижным составом с унифи-

цированным оборудованием для крепления. Снятая путевая решётка доставляется на звеносборочную базу ПМС-ГОМЕЛЬ или другие станции. Доставка работников к месту производства работ и обратно производится региональными и межрегиональными поездами, а также специальным автотранспортом ПМС-ГОМЕЛЬ.

При проектировании технологического процесса ремонта пути важную роль в обеспечении безопасности движения после выполнения работ играет их качество. В рамках дипломного проектирования было разработано мобильное приложение, позволяющее определять, на какие требования необходимо обратить особое внимание при проведении контроля качества работ. Частичный интерфейс приложения представлен на рисунке 2.

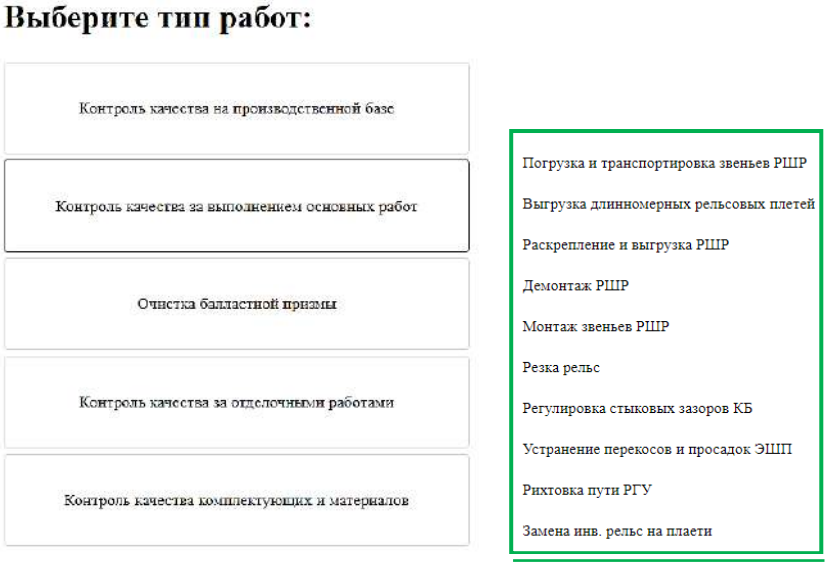


Рисунок 2 – Меню приложения

Приложение позволяет выбрать тип проводимой работы, ее детализацию и в конечном итоге выводит на экран требования по контролю качества, установленные в технологических картах и других нормативных документах.

УДК 625.143

РЕЖИМЫ РАБОТЫ И СТЫКОВЫЕ ЗАЗОРЫ 25-МЕТРОВЫХ РЕЛЬСОВ

В. И. МАТВЕЦОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Несмотря на широкое внедрение бесстыкового пути на российских железных дорогах, до сих пор остается еще более одиннадцати тысяч километров звеньевого пути, который еще долгое время будет оставаться, особенно на участках нестабильного земляного полотна и в особо суровых климатических условиях Сибири, Севера и Забайкалья. Для облегчения его нормальной эксплуатации требуется принятие специальных мер, предусматривающих сезонную разгонку стыковых зазоров с заменой весной определенного количества стандартных рельсов на укороченные, с последующей заменой их на стандартные. В статье указаны два режима работы звеньевого пути, для которых предусматривается новая методика определения номинальных стыковых зазоров для всех конструктивных значений зазоров с обеспечением повсеместно оптимальных условий эксплуатации 25-метровых рельсов.

В стыках рельсов при их укладке оставляют зазоры с тем, чтобы при изменении температуры рельсы могли изменять свою длину во избежание возникновения значительных температурных сил: летом – сжатия и зимой – растяжения. Но чем длиннее рельсы, тем больше они изменяют свою первоначальную длину при одинаковом изменении температуры, тем большие конструктивные зазоры должны быть в стыках рельсов при всех прочих одинаковых условиях.

Существующие конструкции рельсов, накладок и стыковых болтов позволяют иметь в пути наибольшие зазоры: 21 мм при рельсах Р50 и 23 при рельсах Р65 и Р75, которые, в зависимости от

точности сверления отверстий, имеют допуск ±2 мм. Такой величины зазоры при отсутствии сопротивлений исчерпываются при изменении температуры соответственно на 71 и 78 °С, а с учетом отрицательного допуска – всего лишь на 64 и 71 °С. В ГОСТ 8161-75 за счет увеличения диаметра болтовых отверстий на концах рельсов до 40 мм предусмотрена возможность поставки рельсов Р65 и Р75, обеспечивающих конструктивные зазоры в пути до 25 мм.

Основным условием обеспечения оптимальной температурной работы 25-метровых рельсов является установка номинальных стыковых зазоров в точном соответствии с фактической температурой рельсов. Установка номинальных зазоров осуществляется из условия появления конструктивного стыкового зазора в момент наступления минимальной расчетной температуры, т. е. обеспечивается полное использование конструктивной величины стыковых зазоров и исключается изгиб болтов. При этом после закрытия стыковых зазоров при более низкой температуре сжимающие температурные силы в момент наступления экстремальных или близких к ним температур не должны создавать угрозу нарушения устойчивости звеньевого пути.

Установка зазоров больше номинальных приводит к раскрытию зазоров больше конструктивного значения и изгибу болтов в зимнее время. При установке зазоров меньше номинальных возрастают сжимающие температурные силы и могут создавать угрозу нарушения устойчивости пути в момент наступления максимальных расчетных температур. При этом стыковые зазоры не достигают своих конструктивных значений даже в момент наступления минимальных расчетных температур, а летом при более низкой температуре появляются слитые зазоры.

Такое состояние зазоров затрудняет нормальную эксплуатацию 25-метровых рельсов, не позволяя контролировать фактические силы торцевого давления при повышении температуры после появления слитых зазоров и представляет угрозу безопасности движения поездов.

Конструктивные зазоры 23 мм повсеместно не позволяют 25-метровым рельсам удлиняться или укорачиваться при годовых изменениях температуры без нажатия торцов рельсов друг на друга и без передачи части продольного усилия на стыковые болты. При этом нулевые зазоры при 25-метровых рельсах могут возникать задолго до наступления максимальной расчетной температуры, а зазоры конструктивной величины – раньше чем наступит минимальная температура.

В процессе текущего содержания 25-метровых рельсов необходимо исключать работу стыковых болтов на изгиб зимой и, по мере возможности, уменьшать сжимающие температурные силы летом, т. е. обеспечивать раскрытие зазоров в пределах конструктивного значения. Стыковой зазор, установленный для соответствующей температуры рельса без учета погонного и стыкового сопротивлений и обеспечивающий оптимальные условия работы и эксплуатации звеньевого пути, будет в дальнейшем называться номинальным. При установке зазоров меньше номинальных улучшается температурная работа 25-метровых рельсов зимой и ухудшается летом, увеличивая сжимающие температурные силы и создавая угрозу нарушения устойчивости пути, особенно в кривых малого радиуса. При установке зазоров больше номинального, наоборот, облегчается работа звеньевого пути летом и ухудшается в зимнее время. Включение стыковых болтов в работу на изгиб создает угрозу среза болтов и разрыва стыков.

Точная первоначальная установка зазоров и тщательное содержание их в процессе текущего содержания является одним из обязательных условий обеспечения надежной работы звеньевого пути, уложенного 25-метровыми рельсами.

Если по причине неправильной установки зазоров или последующего расстройства их в процессе текущего содержания стыковые зазоры будут существенно отличаться друг от друга и от указанных в таблице номинальных величин, то прочность и устойчивость пути уже не могут быть гарантированы. При высоких температурах может произойти выброс пути, а при низких – изгиб или срез болтов, а также разрыв стыков.

Поэтому условия безопасности движения поездов требуют при длинных рельсах тщательного контроля и диагностики состояния стыковых зазоров на основе их промера и регулирования.

На годовые деформации рельсов могут оказывать влияние стыковое и погонное сопротивления. Если стыковое сопротивление, величина которого зависит от усилия затяжки стыковых болтов, эффективно использовать при любом промежуточном скреплении, то погонным сопротивлением костыльного скрепления ввиду его малости можно пренебречь. Кроме того, в зависимости от условий укладки 25-метровых рельсов, в момент наступления минимальных расчетных или близких к ним температур, при раскрытии зазоров более конструктивных значений стыковые болты могут включаться в работу на изгиб. В летнее время после закрытия зазора повсеместно проявляется торцевое

давление, а в момент наступления максимальных температур сжимающие температурные силы не должны превышать критических.

Силы взаимного нажатия торцов и усилия, передаваемые на болты, могут быть снижены за счет повышения стыковых и погонных сопротивлений, препятствующих продольным деформациям рельсов. Стыковое сопротивление создается силами трения рельсов по накладкам, зависящими от состояния соприкасающихся поверхностей рельсов и накладок, а также от числа и усилия натяжения стыковых болтов. Погонное сопротивление создается силами трения в промежуточном скреплении, а на однопутных участках, кроме того, работающими противоугонами и зависит от степени нажатия костылей на подошву рельса и от контакта противоугонов со шпалами и рельсами.

В процессе текущего содержания 25-метровых рельсов в зависимости от плана линии, величины конструктивного стыкового зазора и годовой температурной амплитуды наблюдаются два температурных режима работы звеньевого пути:

– без сезонной разгонки и регулировки стыковых зазоров, предусматривающей установку номинального зазора на весь период эксплуатации 25-метровых рельсов;

– с сезонной разгонкой и регулировкой стыковых зазоров, предусматривающей установку зазоров на весенне-летний и осенне-зимний периоды эксплуатации 25-метровых рельсов с заменой определенного количества стандартных рельсов укороченными с обязательной регулировкой зазоров на всём участке работ по укладке укороченных рельсов, с последующей в осенний сезон замене укороченных рельсов стандартными и обязательной регулировкой зазоров на зимний период на том же фронте работ.

Допустимые температурные амплитуды для различных конструкций пути и плана линии, позволяющие нормально эксплуатировать 25-метровые рельсы, определены с учетом отрицательного допуска в содержании среднего зазора на пикете, равного минус 2 мм. При этом было предусмотрено, что раскрытие зазоров осуществляется в пределах конструктивного значения с частичным или полным использованием устойчивости пути в момент наступления максимальной расчетной температуры рельса. В зимнее время, даже в момент наступления минимальной расчетной температуры, величина конструктивного зазора не должна превышать конструктивного значения, что позволяет исключить изгиб и срез болтов. Такой подход к назначению нормальных стыковых зазоров и определению условий эксплуатации 25-метровых рельсов без сезонной регулировки стыковых зазоров обеспечивает оптимальную температурную работу звеньевого железнодорожного пути.

УДК 625.144.4.

ПРОГРЕССИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ПУТИ НА НОВЫХ МАТЕРИАЛАХ

М. Л. НАУМЕНКО
Белорусская железная дорога, г. Минск

Д. С. ГРАБОВИЧ
Белорусская железная дорога, г. Брест

В. И. ИНЮТИН, С. С. КОЖЕДУБ, А. В. АНИЩЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Безопасность движения поездов с установленными скоростями зависит от качества проведённого восстановительного ремонта пути на новых материалах. Наиболее эффективно такой ремонт проводить в режиме закрытого перегона на несколько суток.

Опыт применения такой технологии ОАО «РЖД» показывает, что в 2–3 раза повышается производительность работы машин по глубокой очистке щебня, в 1,5–2 раза снизились эксплуатационные расходы [1]. Участки пути, отремонтированные в режиме закрытого перегона, после сдачи эксплуатировались до наработки тоннажа более 1,5 млрд т·км брутто, что в 2 раза больше нормы. При этом более эффективно применяется техника, а простои локомотивных бригад сводятся к минимуму [2]. На Белоруской железной дороге тоже применяется такая технология ремонта бесстыкового пути [3].

Порядок производств работ на закрытом перегоне продолжительностью 5 суток.

Участок двухпутный, электрифицированный, оборудованный односторонней автоблокировкой с организацией двухстороннего движения по пути в неправильном направлении по проходным светофорам автоблокировки, в правильном по сигналам автоматической локомотивной сигнализации (АЛС).

Верхнее строение пути до ремонта: рельсы Р65 сваренные в длинномерные сварные рельсовые плети бесстыкового пути, между плетями уложены уравнительные пролеты; накладки в уравнительных пролётах шестидырные; шпалы железобетонные; промежуточное скрепление раздельное типа КБ-65; балласт щебёночный, имеющий в своем составе более 25 % засорителей.

Верхнее строение пути после ремонта:рельсы Р65 инвентарные с последующей заменой их новыми длинномерными сварными рельсовыми плетями; накладки четырёхдырные, после укладки в путь длинномерных сварных рельсовых плетей накладки в уравнительных пролётах шестидырные; шпалы железобетонные; анкерное бесподкладочное скрепление типа СБ-3;балласт щебёночный, не имеющий в своем составе засорителей толщиной 40 см.

Первый этап – подготовительный, производятся работы по опробованию и смазке стыковых болтов в уравнительных рельсах.

Второй этап – основной, производятся работы по замене рельсошпальной решётки в течение 2 дней: 1-й день – 1500 м; 5-й день – 1500 м.

Третий этап – основной, производятся работы по очистке щебёночного балласта щебнеочистительной машиной РМ-80 производится за 3 ночные машино-смены: с 19:00 1-го дня до 6:00 2-го дня; с 18:25 2-го дня до 6:00 3-го дня.

Четвертый этап – отделочный, производятся работы по выправке пути в плане и профиле, отделка балластной призмы и стабилизация пути на 3, 4 и 5-й день.

Пятый этап – основной, производятся работы по выгрузке плетей бесстыкового пути и замене инвентарных рельсов длинномерными сварными рельсовыми плетями бесстыкового пути с 3-го по 5-й день. Уборка инвентарных рельсов с погрузкой их на сцепы платформ, оборудованных УСО с последующей доставкой их на производственную базу в течение трех дней.

Шестой этап – отделочный, производятся работы по окончательной выправке пути в плане и профиле, отделка балластной призмы и стабилизация пути – с 4-го по 5-й день.

Для производства работ по восстановительному ремонту пути предоставляется «окно» с закрытием перегона, продолжительностью 5 суток. Сборка рельсошпальной решётки производится заранее на производственной базе в соответствии с типовыми технологическими процессами (инвентарные рельсы типа Р65, шпалы железобетонные (новые), скрепление СБ-3).

Группу годности лежащих в пути материалов верхнего строения пути определяют комиссией представителями дистанции пути (начальник участка и дорожный мастер), работник цеха дефектоскопии и ПМС (производитель работ) с оформлением акта формы ПУ-81.

Для обеспечения нормальной работы машин тяжелого типа при подготовке участка для производства работ препятствия, которые могут вызвать их остановку или повреждение, удаляются либо пропускаются с последующим выполнением данного вида работы вручную или при помощи средств малой механизации.

Демонтаж старогодной рельсошпальной решетки (разрезанные (двумя керосинорезами), старогодные плети бесстыкового пути) производится звеньями по 25,3 м путеукладочным краном УК-25/9-18. Демонтируемая решетка 1500 м выгружается в первый день в штабеля (8 звеньев). Длина штабелей звеньев составляет 125 м. Укладка новой рельсошпальной решётки осуществляется звеньями длиной 25 м при помощи крана УК-25/9-18. Демонтируемая решетка 1500 м во второй день транспортируется на производственную базу ПМС. Установка нормальных стыковых зазоров и постановка пути на ось осуществляется при производстве работ по замене рельсошпальной решётки. Уборка оторвавшихся шпал производится трактором SD-08 с навесным приспособлением на обочину, которые будут убраны на платформы краноманипуляторной установкой. Планировка балластной призмы с уборкой щебня в валы у торцов шпал производится бульдозером с навесным планировочным приспособлением. Основание балластной призмы при подходах к мостам и в пределах мостов планируется бульдозером с понижением отметок. Выправка пути осуществляется после засыпки новым щебнем во время замены рельсошпальной решетки и в отделочные работы. Очистка

щебёночного слоя в пределах переездов осуществляется машиной РМ-80 (76) с понижением отметок продольного профиля пути согласно проекту. Из-за большого фронта работ для эффективного использования окна требуется две машины РМ-80 (76). Окончательная выправка и рихтовка пути производится в отделочных работах машинами ВПР-09 и ПРБ с соблюдением габаритов. Работы на конечном отводе ведутся после укладки последнего звена.

Закрытие перегона на 5 суток позволяет увеличить протяженность фронта работ по укладке рельсошпальной решетки до 3000 п. м. и уменьшать длину хозяйственного поезда, так как можно работать с использованием освободившихся порожних платформ для транспортировки РШР на станцию. Это дает возможность уменьшить количество моторных платформ МПД в составе хозяйственного поезда.

Под прикрытием «окна» для производства работ по укладке РШР имеет возможность производства работ на соседних участках, что позволяет работать машине РМ рационально, дополнительно использовать сменные бригады. Это даст возможность очистить щебеночный балласт в течение 5 суток на протяжении 3 км.

Технология закрытого перегона позволяет в одно «окно» совместить три технологических процесса: укладку пути, очистку щебеночного балласта и укладку плетей бесстыкового пути. Наиболее эффективна данная технология для выполнения работ в стесненных условиях на двухпутных участках, где имеются кривые участки пути радиусом менее 1200 м, ограничивающие видимость монтерам пути и машинистам, высокие подтопляемые насыпи, руководящие уклоны, крутые спуски, ограничивающие подъезд и съезд бульдозерной техники, наличие путепроводов. Однако для своевременного и оперативного выполнения работ по технологии закрытого перегона требуется вдвое больше наличия монтеров пути.

Список литературы

1 **Пименов, И. Я.** Поездам надёжный путь и высокие скорости / И. Я. Пименов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2010. − Вып. 22. − С. 16–23.

2 **Воробьёв, Э. В.** Эффективность закрытого перегона / Э. В. Воробьёв, Е. В. Гринь // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2015. − С. 235–236.

3 **Кацуба, М. В.** Перспективная технология ремонта бесстыкового пути / М. В. Кацуба [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2020. − С. 34–35.

УДК 625.111

УВЕЛИЧЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА УЧАСТКЕ ГОМЕЛЬ – ВАСИЛЕВИЧИ

Е. В. НИКИТИН
Белорусская железная дорога, г. Гомель

П. В. КОВТУН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В современных экономических реалиях к качеству перевозочного процесса на всех видах транспорта (и в том числе на железнодорожном) предъявляются новые, более высокие требования. На первый план выходят пожелания клиентов к сокращению времени нахождения в пути и комфортности поездки при безусловном соблюдении безопасности движения поездов.

Соответствие новому качеству перевозочного процесса приводит к резкому повышению требований к инфраструктуре железной дороги, направленному на увеличение пропускной способности станций и перегонов.

Увеличения пропускной способности можно добиться реализацией мероприятий:

1) организационных:

– увеличение размера тяговых плеч;
– уменьшение станционных и поездных интервалов;
– сокращение времени на выполнение технологических операций;

– работа со сборными поездами;

2) технических:

– применение передовых конструкций и элементов железнодорожного пути;

– путевое развитие станций, развитие входных-выходных горловин станции;

– укладка второго и третьего пути на перегоне, для производства и скрещения и обгона поездов;

– использование двухпутных вставок на перегоне для безостановочного скрещения поездов;

– переход на микропроцессорную централизацию;

– модернизация средств связи;

– усиление мощности тягового электроснабжения и тяговых подстанций;

– ввод в эксплуатацию современного подвижного состава.

В ходе мониторинга технических характеристик верхнего строения железнодорожного пути участка Гомель – Василевичи были установлены причины снижения скоростей движения поездов вплоть до 40 км/ч, что отрицательно влияет на время нахождения поезда в пути. Такими местами стали четная и нечетная горловины станций Гомель и Центролит, нечетная горловина станции Прибор и четная горловина станции Якимовка. Для устранения этих барьерных мест наиболее перспективным техническим мероприятием, с нашей точки зрения, является применение в пути одиночного обыкновенного стрелочного перевода марки 1/18. Применение таких стрелочных переводов позволит повысить скорость движения поездов до 80 км/ч.

Как известно, электрификация Белорусской железной дороги направлена на увеличение провозной и пропускной способности железной дороги. Одним из этапов электрификации Гомельского отделения Белорусской железной дороги является электрификация участка Гомель – Калинковичи. Также надо учесть, что реализация мероприятия по укладке стрелочных переводов марки типа 1/18 будет наиболее эффективна до проведения работ по электрификации рассматриваемого направления.

Список литературы

1 Об установлении допускаемых скоростей движения поездов на Белорусской железной дороге : Приказ Белорусской железной дороги от 02 июля 2013 г. № 231Н. – Минск, 2013.

2 Организация переустройства железных дорог под скоростное движение поездов : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / под ред. И. В. Прокудина. – М. : Маршрут, 2005. – 716 с.

УДК 62.03

НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНАЯ РАБОТА АЭРАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ С АКТИВНЫМ ИЛОМ: ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

О. К. НОВИКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Технологическая эффективность работы сооружений биологической очистки с активным илом оценивается по концентрации $БПК_5$ и биогенных элементов (азота общего и фосфора общего) в очищенной воде.

Одной из причин неудовлетворительной работы аэротенков является несоответствие принятой технологии очистки количеству, составу и свойствам сточных вод. Неправильное определение расчетных расходов и концентраций загрязняющих веществ в составе сточных вод, поступающих на очистные сооружения, ошибки в выборе технологической схемы, расчетных параметров и типов сооружений приводят к тому, что введенные в действие новые очистные сооружения со временем оказываются неработоспособными.

Недостаточное количество в сточных водах биогенных элементов приводит к ухудшению физических и биохимических свойств активного ила, тормозит рост микроорганизмов и весь процесс биохимического окисления органических веществ.

Продолжительный недостаток азота приводит к образованию активного ила, который плохо оседает во вторичных отсойниках. При недостатке в сточных водах фосфора в составе активного ила начинают преобладать нитчатые формы бактерий, что ухудшает возможность его осаждения, одновременно замедляется рост микроорганизмов и скорость окисления загрязнений.

Концентрации биогенных элементов в городских сточных водах обычно достаточны для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов в аэротенках. Но в сточных водах с большим содержанием производственных сточных вод, которые поступают на биологическую очистку, иногда возможен недостаток биогенных элементов.

Цвет пены, которая образовывается на поверхности аэротенков может характеризовать различные факторы оказывающие отрицательное влияние на работу аэротенков.

Появление белой, плотной, летучей или мыльной пены на поверхности аэротенка может быть обусловлено:

– перегрузкой аэротенка (низкая концентрация ила в аэротенке);

– избыточным удалением ила из процесса и, как следствие, перегрузкой аэротенка;

– сокращением количества ила в иловой смеси, вызванным высокотоксичными сточными водами (металлы, бактерициды), низкой температурой сточных вод или резкими перепадами температур;

– гидравлическим выносом ила из вторичного отстойника;

– неправильным распределением поступающих сточных вод и/или потока возвратного ила в одном или более аэротенков.

Причиной возникновения блестящей темно-бежевой пены на поверхности аэротенка является вероятность его недогрузки (высокая концентрация ила в иловой смеси) из-за недостаточного удаления ила из системы. Также свидетельством того, что аэротенк критически недогружен (слишком высокое содержание ила в иловой смеси) является густая, темно-бежевая пена в виде пленки на поверхности аэротенков [1].

При проведении базового исследования водных ресурсов Мостовского района в рамках проекта «Участие общественности и эффективное управление водными ресурсами в Мостовском районе» [2] на очистных сооружениях канализации г. Мосты в аэротенках-осветлителях наблюдалась избыточное пенообразование (рисунок 1). Установлено, что сброс производственных сточных вод в концентрациях, превышающих допустимые значения для процесса биологической очистки, способствовал гибели микроорганизмов активного ила (рисунок 2).

Рисунок 1 – Пена в зоне аэрации

Рисунок 2 – Активный ил аэротенков

Для восстановления работы аэротенков в подобных случаях необходимо:

– возобновить новую культуру активного ила (ил из системы по возможности необходимо удалять на сооружения по обработке осадков, ил посеять из другого очистного сооружения).

– активно следить за выполнением нормативов по промышленным сточным водам, отводимым на очистные сооружения.

Если аэротенки оказываются перегруженными и соотношение пища/масса большое, а количество ила недостаточное, то необходимо:

– сократить до минимума процент удаления активного ила;

– поддерживать уровень концентрации растворенного кислорода в пределах 2,0 мг/дм^3;

– следить за обеспечением равномерного перемешивания в аэротенке для поддержания требуемой концентрации растворенного кислорода [1].

Если аэротенк недогружен, необходимо увеличить количество избыточного ила не более, чем на 10 % в сутки, пока процесс не войдет в нормальные контрольные параметры и пока на поверхности аэротенка не будет наблюдаться умеренное количество светло-бежевой пены.

Эксплуатация аэротенков при соблюдении основных требований и регулярном контроле показателей, характеризующих нормальную работу сооружений, позволит избежать многих причин неудовлетворительной работы аэрационных сооружений с активном илом.

Список литературы

1 **Новикова, О. К.** Эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения : учеб. пособие / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 206 с.

2 **Новикова, О. К.** Участие общественности и эффективное управление водными ресурсами в Мостовском районе (базовый обзор) : отчет для ИПО «Экопартнерство» / О. К. Новикова, А. Б. Невзорова. – Минск, 2019. – 156 с.

УДК 628.29

НАПРАВЛЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

О. К. НОВИКОВА, А. А. ГРИБ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Управление водными ресурсами в отдельных районах и в целом в стране, обеспечивающее увеличение доступа населения к водоснабжению и канализации, является одним из факторов, определяющих качество жизни населения.

Основная задача предприятий водопроводно-канализационного хозяйства – бесперебойное обеспечение всей совокупности абонентов и потребителей обслуживаемых населенных пунктов качественными услугами водоснабжения и водоотведения. Эта задача остается неизменной во времени вне зависимости от внешних обстоятельств.

Системы водоснабжения и канализации в крупных городах Республики Беларусь в отличие от малых населенных пунктов характеризуются развитием и надежностью, а строительство данных систем в малых населенных пунктах и отдельно расположенных объектах на протяжении многих лет отставало от потребности в них сельского населения и агропромышленных комплексов.

Существующие инженерные системы водоснабжения и водоотведения (канализации) находятся в стадии эксплуатации свыше 50 лет.

К основными проблемам в секторе водопроводно-канализационного хозяйства можно отнести:

– недостаточный уровень обеспеченности населения централизованным водоснабжением, особенно в сельской местности;

– недостаточный уровень обеспеченности населения питьевой водой нормативного качества из систем централизованного водоснабжения;

– несоответствие санитарным требованиям воды из источников нецентрализованного водоснабжения.

– высокий физический износ сетей и очистных сооружений;

– отсутствие современных технологий и оборудования для очистки сточных вод. Большинство очистных сооружений, запроектированных и построенных в 70-х годах XX века, не соответствует современным требованиям к отведению очищенных сточных вод в водные объекты. Это обусловлено тем, что существовавшая на тот момент нормативная база не содержала требований по глубокой очистке сточных вод от биогенных элементов, а ограничивалась полной биологической очисткой от органических загрязнений по $БПК_5$ и взвешенным веществам.

– недостаточный уровень автоматизации и диспетчеризации технологических процессов;

– слабая пропускная способность и предрасположенность к засорению дождевой канализации;

– сброс в централизованные системы водоотведения (канализации) недостаточно очищенных производственных сточных вод вследствие несовершенства технологий очистки и неудовлетворительной эксплуатации действующих локальных очистных сооружений;

– неудовлетворительное состояние инженерных коммуникаций. Сточные воды, а также выделяющиеся газы, на очистных сооружениях и в насосных станциях, оказывают агрессивное воздействие на инженерные коммуникации. В большинстве лотков и каналов насосных станций и очистных сооружений при изменении притока сточных вод (в часы максимального или минимального притока) изменяется и наполнение, что приводит к разрушению бетонных лотков на границе раздела фаз воздух – вода. В закрытых трубопроводах при застое воды и при образовании воздушных мешков происходит интенсивное выделение газов, которые могут образовывать слабо концентрированные кислоты, вызывающие коррозию материалов трубопроводов;

– сравнительно низкий уровень эксплуатации систем водоснабжения и канализации, что обусловлено несоответствием базового образования у большинства работников отрасли.

Обеспечение потребителей качественной питьевой водой и улучшение качества очистки сточных вод в настоящее время являются приоритетными задачами. Для повышения качества подаваемой потребителям воды, развития системы водоснабжения и улучшение качества очистки сточных вод утверждена новая госпрограмма «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы [1], которая включает подпрограмму «Чистая вода». Ее основные задачи:

– обеспечение потребителей водоснабжением питьевого качества;

– обеспечение населения централизованными системами водоснабжения, водоотведения (канализации);

– повышение качества очистки сточных вод и надежности систем водоснабжения, водоотведения (канализации).

Для повышения производительности и эффективности работы существующих сетей и сооружений водоснабжения и канализации целесообразно осуществить их реконструкцию с использованием наиболее прогрессивных материалов, технологических приёмов, а также новых технологий и новых конструктивных элементов.

Основными направлениями реконструкции систем водоснабжения являются:

– устройство новых и ремонт старых водоводов и сетей с использованием труб, изготавливаемых из полимерных материалов;

– анализ работы насосного оборудования и его замена в случае неисправной работы (так как в неблагоприятных условиях работы насос может ежемесячно терять 2–3 % первоначальной производительности, вследствие физического износа деталей);

– использование современных технологий для диагностики и обследования систем водоснабжения;

– повышение пропускной способности и надежности работы водоводов;

– облицовка внутренних поверхностей трубопроводов гибкими рукавами;

– экономное использование и сокращение непроизводительных потерь воды.

Основными направлениями реконструкции систем водоотведения (канализации) являются:

– устройство систем канализации в малых населенных пунктах;

– повышение качества строительства новых сетей канализации и реконструкция уже существующих;

– увеличение пропускной способности дождевой канализации с учетом изменения климатических параметров.

– снижение материалоемкости и трудозатрат при строительстве систем канализации;

– повышение качества очистки сточных вод на существующих очистных сооружениях с внедрением технологии удаления биогенных элементов;

– строительство новых очистных сооружений.

Повышение производительности действующих водозаборных сооружений из поверхностных источников может быть достигнуто путем их интенсификации, строительства нового комплекса или отдельных его элементов. Как правило, реконструкция сооружений оказывается экономически

более выгодной, чем новое строительство, а иногда достаточным является восстановление производительности водозабора до первоначальной.

Интенсификация работы очистных сооружений наряду с увеличением мощности станции водоподготовки состоит также в улучшении качества очищаемой воды, повышении экономической эффективности, заключающейся в снижении себестоимости воды, экономии реагентов, материалов, электроэнергии, оборудования. Это обеспечивается применением новых, более сложных и гибких технологических схем очистки воды, совершенствованием работы реагентного хозяйства, повышением эффективности предварительной или первой ступени очистки, интенсификацией работы фильтровальных сооружений, использованием более рациональных способов и сооружений для дезодорации, обезжелезивания и обеззараживания воды.

При разработке предложений по реконструкции очистных сооружений вначале устанавливаются причины их неудовлетворительной работы, проводится обследование конструкций и анализ работы очистных сооружений при пропуске фактического расхода.

Только комплексный подход к управлению водными ресурсами, базирующийся на выделении приоритетных направлений в области интенсификации работы систем водоснабжения и канализации и обеспеченности высококвалифицированными кадрами, обеспечит устойчивое развитие водопроводно-канализационного хозяйства страны.

Список литературы

1 Государственная программа «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 28.01.2021 № 50 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100050. – Дата доступа : 20.09.2021.

УДК 624.92:656.08

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПУТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ УЧАСТНИКОВ ДВИЖЕНИЯ

Н. В. ПШЕНИСНОВ
Филиал СамГУПС, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Горьковская железная дорога – одна из основных магистралей ОАО «РЖД», расположена в Приволжском федеральном округе и имеет общую протяженность 85281 км железнодорожного пути. В 2020 году грузооборот дороги составил 158 млрд тонно-километров, перевезено более 30 млн пассажиров. Ежегодно на полигоне Горьковской железной дороги получают травмы более 200 человек, из них более 150 – смертельные. Также в среднем за год на железнодорожных путях горьковской магистрали гибнет более 9000 голов домашнего скота и более 45000 голов диких животных. Более 15 несчастных случав ежегодно фиксируется при попытке пересечения железнодорожных путей автомобильным транспортом в неустановленных местах. Так, материальный ущерб от подобных случаев в 2020 году превысил 16 млрд рублей по оценке специалистов ГЖД и 60 млрд рублей при оценке независимых экспертов.

В любом случае ущерб огромен, а человеческая жизнь не может быть оценена в денежном эквиваленте. Необходимость принятия конструктивных решений по снижению и предотвращению, травматизма, несчастных случаев и трагедий на железных дорогах очевидна. На текущий момент есть целый ряд разработок, направленных на это, исходя из совершенно различных сфер функционирования железнодорожной инфраструктуры: совершенствование систем СЦБ; сооружение дополнительных объектов инфраструктуры; корректировка графика движения поездов.

Мы предлагаем рассмотреть возможность адаптации водопропускных труб для обеспечения возможности пропуска внутри земляного полотна не только водных масс, но и пешеходов, животных и отдельных единиц колесной техники. Опыт внедрения подобных инженерных сооружений имеется (рисунок 1) во многих странах и регионах, однако, как правило, он используется при проектировании отдельных участков пути без учета поставленных выше задач. В случае же использования водопропускных труб с дополнительной целью – исключить или минимизировать пересечения в одной горизонтальной плоскости траекторий движения поездов с другими участниками

движения – мы можем решить принципиально иную задачу – обеспечить безопасность участников транспортной системы на принципиально ином уровне.

Основной вопрос, возникающий на первой стадии осмысления данного инженерного решения – это высокая стоимость такого вида сооружений. В среднем стоимость возведения водоотводной трубы, рассчитанной на пропуск пешеходов и животных без учета работ по монтажу-демонтажу земляного полотна и верхнего строения пути, составляет около 1,9 млн рублей на двухпутном участке пути. Для водопропускных труб, способных осуществлять также транзит транспортных средств, стоимость составляет 2,7 млн рублей. Если в расчет затрат включать работы, связанные с монтажом и демонтажом верхнего строения пути и земляного полотна, то есть при интеграции водопропускной трубы в уже функционирующий участок пути, стоимость возрастает в 2,5–3 раза.

Рисунок 1 – Многофункциональная водопропускная труба под земляным полотном железнодорожного пути

Соответственно, в первую очередь представляет практический интерес изучение перспективы внедрения данного подхода на вновь проектируемых участках или на участках, на которых планируется усиленный капитальный ремонт пути. Предположим, что рассматриваемое нами решение позволит снизить количество несчастных случаев и случаев травматизма, на 20 %, и это по самым пессимистическим расчетам. Соответственно, на 20 % сократится и объем материального ущерба, а это, по разным оценкам, от 3,2 до 12 млрд рублей в год. Соответственно, методом от обратного определяем, что данное мероприятие позволит окупить ежегодное обустройство от 1180 до 8000 единиц водопропускных труб в составе комплекса ремонтно-строительных работ или от 400 до 2000 водопропускных труб индивидуального проектирования и строительства.

Очевидно, что в реальности требуется в первую очередь осуществить инвестиции в техническое решение и лишь потом пожинать плоды его массовой реализации. Однако, на наш взгляд, приведенных данных достаточно для идентификации данного направления как эффективного и перспективного.

Вопросы, связанные с дополнительным влиянием роста количества водопропускных труб на долговечность и износоустойчивость земляного полотна, требуют отдельного детального изучения.

УДК 625.143/.144

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПУТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ «КОЛЕСО – РЕЛЬС»

В. В. РОМАНЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Геометрические параметры и формы контактирующих элементов в системе «колесо – рельс» взаимоувязаны, а следовательно, параметры и допускаемые отклонения в системе «колесная пара – рельсовая колея» находятся в прямой зависимости. Изменение какого-либо размера в этой системе непременно повлияет на работу как ответной составляющей, так и системы в целом.

Условия безопасного прохождения колесными парами прямолинейных и криволинейных участков пути, а также стрелочных переводов определяют минимальные и максимальные допускаемые значения толщин гребней колес подвижного состава и ширины рельсовой колеи (расстояние между рабочими гранями рельсов). Устойчивость колесной пары от схода с рельсов определяется соотношением вертикальных и боковых нагрузок колеса на рельс, геометрическими параметрами поверхности катания рельса и гребня колеса, а также коэффициентом трения в зоне их контакта.

В настоящее время на Белорусской железной дороге состояние геометрии рельсовой колеи проверяется вагонами-путеизмерителями, которые фиксируют ее изменения, отклонения и деформации. С апреля 2020 года введен в эксплуатацию диагностический комплекс объектов инфраструктуры, который позволяет контролировать порядка 120 параметров технических объектов инфраструктуры и порядка 140 параметров аналитической оценки результатов и функций аналитической обработки, в том числе ряд размеров, определяющих поперечное сечение рельсов, подуклонку рельсов, износы и т. п.

Во время движения подвижного состава от воздействия колес возникают динамические силы, при этом путь воспринимает горизонтальные силы как в поперечном, так и в продольном направлениях. К поперечным горизонтальным силам кроме центробежной, возникающей при проходе подвижного состава по кривым участкам пути, относятся боковые нажатия и удары гребней колес о рабочую грань головки рельсов [2, 3].

Безопасность движения поездов во многом обеспечивается условиями вписывания колесной пары, в первую очередь – в криволинейных участках малого радиуса. Независимо от параметров плана линии и скорости движения поездов необходимо обеспечить свободное вписывание колесной пары, которое создает наличие зазоров между гребнями колес и поверхности катания рельса. Принудительное и заклиненное вписывания создают особо неблагоприятные условия взаимодействия колеса и рельса, что сказывается на интенсивности роста бокового износа. Отсутствие зазора между рабочими гранями гребня колеса и головки рельса, наличие неисправности, пути по уровню, боковых толчков, перекосов пути, углов на стыках, плохая рихтовка и другие явления, при которых колёса подвижного состава набегают то на один, то на другой рельс, происходит бросание вагона из стороны в сторону и, как следствие, накопление остаточных деформаций положения пути в плане и по уровню, которые впоследствии могут существенно изменить положение как переходных, так и круговых кривых [2]. Таким образом, на нарушение нормальной работы системы «колесо – рельс» может повлиять наличие следующих факторов:

– изменение углов наклона рабочей грани головки рельса и гребня колеса (степень и форма их износа, изменение подуклонки рельса);

– увеличение силы трения взаимодействующих поверхностей (отсутствие лубрикации, отсутствие зазоров между рабочей гранью рельса и колеса при нарушении свободного вписывания);

– выкрашивание металла на боковой рабочей выкружке головки (дефект 11.1 или 11.2);

– вертикальные или горизонтальные неровности рельса;

– план и профиль пути (криволинейные участки малого радиуса, неодинаковое давление на оба рельса вследствие нарушения величины возвышения наружного рельса);

– наличие отступлений в содержании рельсовой колеи IV степени в плане, по уровню или сочетание отступлений III степени в плане, по просадкам, перекосам, приравниваемое к IV степени;

– максимальные отступления III степени от норм содержания пути, не устраненные в установленные сроки;

– превышение допустимого уклона отвода ширины колеи для фактической скорости вагона;

– превышение допустимых отклонений возвышения наружного рельса в кривых и уклона отвода возвышения наружного рельса в переходных кривых в зависимости от фактической скорости вагона;

– противошерстная горизонтальная ступенька в рельсовом стыке выше нормативной.

Устранение деформаций железнодорожных путей, полученных при длительном постоянном воздействии подвижного состава на них, затруднительно, особенно при значительных отступлениях от проектных значений. Поэтому актуальным является не определение конечных результатов диа-

гностики отступлений и их анализ, а систематический мониторинг данных о причинах деформации и изменения состояния как пути, так и элементов верхнего строения пути. Таким образом, дополнительное динамическое воздействие на путь и подвижной состав оказывает сочетание нескольких видов деформаций. В свою очередь, эти деформации оказывают непосредственное влияние на плавность подвижного состава, особенно при вписывании в кривых. При этом преждевременно выходят из строя рельсы и другие элементы верхнего строения пути, колеса подвижного состава, что в свою очередь поднимает проблему безопасности движения поездов. Установленные параметры деформации, получаемые от воздействия подвижного состава и внешних условий системы «колесо – рельс», оцениваются при помощи автоматизированной системы комплексной диагностики объектов инфраструктуры АСКДИ «Эксперт» [3] (рисунок 1).

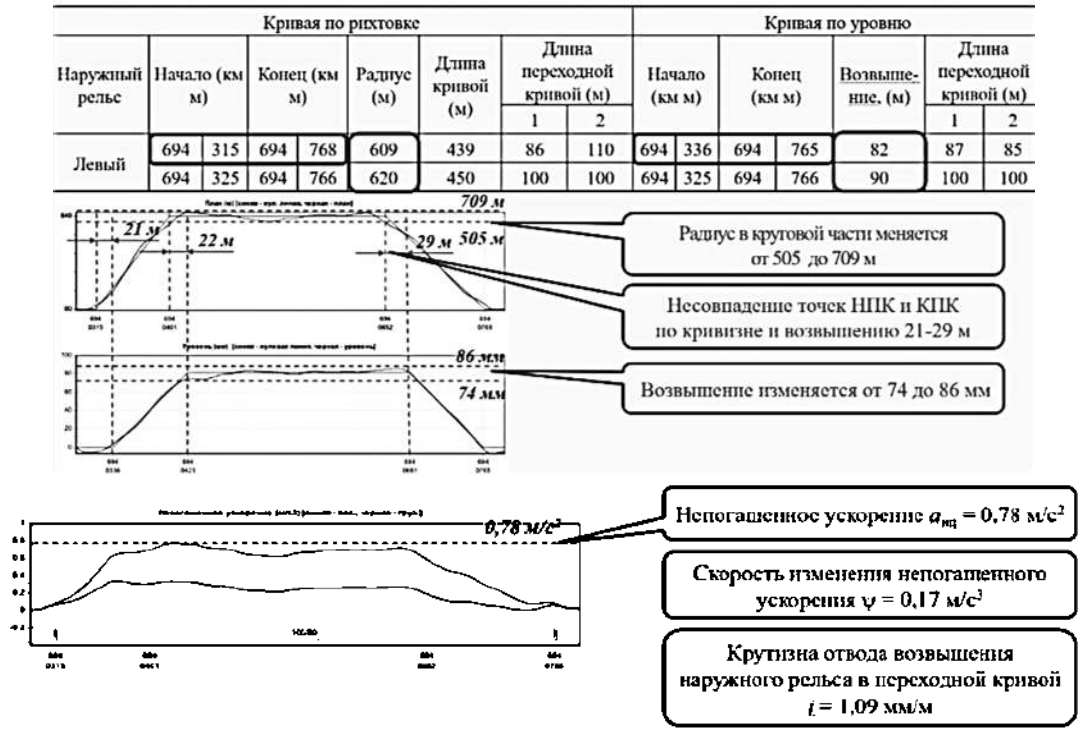


Рисунок 1 – Отчетная форма ФП-3.3, формируемая АСКДИ «Эксперт», с указанием обнаруженных отступлений

Своевременное получение данных о состоянии геометрии положения рельсовой колеи позволит определить порядок вписывания подвижного состава. Свободное вписывание колесной пары обеспечит минимальное силовое воздействие ходовых частей подвижного состава и колеи, что в свою очередь будет обеспечивать стабильность параметров пути.

Список литературы

1 **Курган, Д. Н.** Определение динамической нагрузки от колеса на рельс для скоростных поездов // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта [Электронный ресурс]. – 2015. – № 3 (57). – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-dinamicheskoy-nagruzki-ot-kolesa-narels-dlya-skorostnyh-poezdov. – Дата доступа : 24.10.2020.

2 **Романенко, В. В.** Деформирование криволинейных участков железнодорожного пути под воздействием подвижного состава / В. В. Романенко, А. Б. Невзорова // Механика. Исследования и инновации : междунар. сб. науч. тр. – 2020. – Вып. 13. – С. 122–127.

3 Информационно-аналитическая система комплексной диагностики и мониторинга состояния технических объектов железнодорожной инфраструктуры «ЭКСПЕРТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.infotrans-logistic.ru. – Дата доступа : 20.09.2021.

УДК 004.94:625.14

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ В КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

В. В. РОМАНЕНКО, С. Г. КРАВЦОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Фактическое положение и геометрические параметры криволинейных участков железнодорожного пути на местности периодически проверяются инструментальным измерением стрел изгиба (*f*), так называемой «съемкой кривой». Съемка кривых выполняется с целью определения состояния пути в плане и нахождения отступлений фактического положения кривой от проектного, численные значения которых позволяют за счет поперечной сдвижки рельсошпальной решетки поставить кривую в правильное геометрическое положение (рисунок 1).

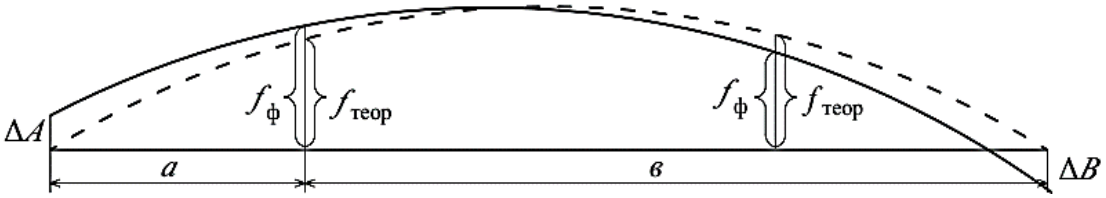


Рисунок 1 – Определение несовпадения фактической и проектных кривых:
——— фактическое положение; – – – – – – проектное положение

Под правильным положением кривой в плане понимается положение, обеспечивающее соблюдение изменения кривизны переходных кривых и постоянство кривизны круговой кривой.

Стрелы изгиба измеряются от 20-метровой хорды в точках через 10 м, по результатам съемки вычисляют разницу между фактическими стрелами изгиба, которая и определяет соответствие фактического положения проекту и оценивает, удовлетворяют ли параметры требованиям [1].

Анализ состояния кривой дает возможность определить величины сдвижек и ее направление (внутрь или наружу кривой). Расчетным путем определить радиусы кривой в каждой ее точке не всегда возможно, так как все расчеты предполагают положение кривой, соответствующее среднему радиуса без его отклонения от минимальной величины до максимальной. Для определения несовпадения фактического положения и проектного необходимо иметь наглядное представление о расчетной модели кривой, существенной помощью в реализации которого может стать автоматизированная программа. Основной задачей такого моделирования является именно определение параметров фактической кривой и нанесение их на план.

При разработке автоматизированной программы необходимо использовать теоретические зависимости всех параметров криволинейного участка [2]. Построение точек кривой выполняется в системе координат. Абсцисса и ордината *n*-й точки [3] определяются исходя из зависимостей

$$X = R_n \cos \varphi_n;\ Y = R_n \sin \varphi_n.$$

Для обеспечения плавного перехода из прямой в круговую кривую устраиваются переходные кривые, длина которых l_0 зависит от многих условий: принятого уклона отвода возвышения наружного рельса *i*, скорости движения *v*, допустимой величины нарастания непогашенного ускорения ψ, допустимой скорости подъема колеса по наружному рельсу и т. д.

При разработке автоматизированной программы длины переходных кривых принимаются по фактической величине, их геометрическое положение определяется условно. Положение первой переходной кривой принимается исходя из радиуса круговой кривой в точке $КПК_1$, а второй – радиуса круговой кривой в точке $КПК_2$. Радиусы в точках $НПК_1$ и $НПК_2$ определяются расчетом, в зависимости от радиуса кривой в точках $КПК_1$ и $КПК_2$, а также длин переходных кривых (рисунок 2):

$$R_{нпк1} = R^* + \sqrt{L^2_{пк1} - h^2_{нпк1}},$$

где R^* – часть радиуса кривой в точке КПК$_1$, определяется исходя из зависимости угла и сторон в прямоугольном треугольнике, м.

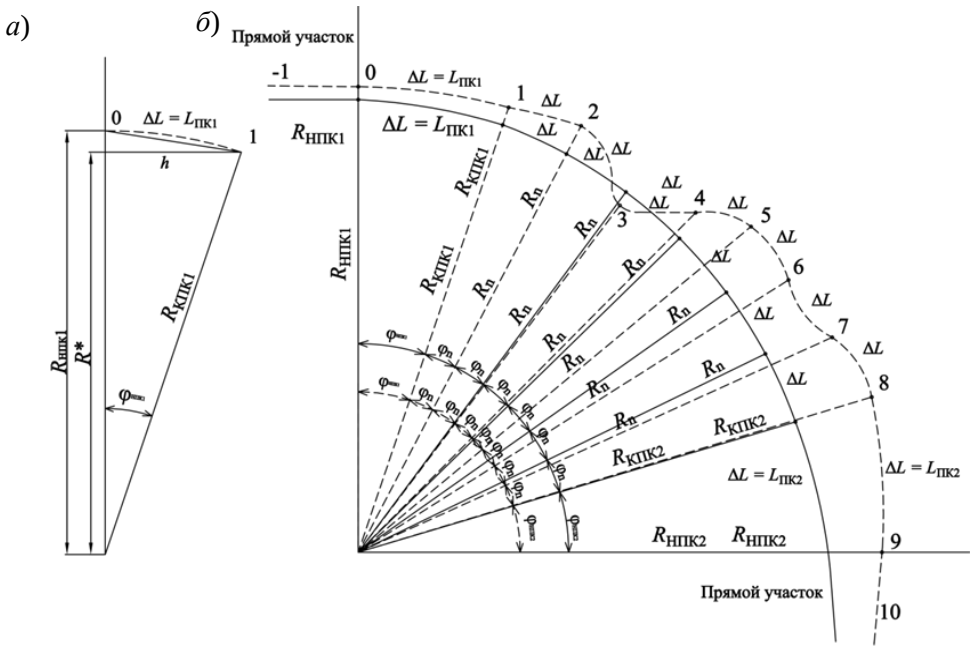


Рисунок 2 – Моделирование геометрического положения проектной и фактической кривых
а – определение геометрического положения первой переходной кривой;
б – расчетная модель проектной и фактической кривых

Радиус в точке НПК$_1$ R^* и нормаль от R^* к точке 1 определяются следующим образом:

$$R^* = R_{\text{кпк1}} \cos \varphi_{\text{нпк1}};\ h_{\text{пк1}} = R_{\text{кпк1}} \sin \varphi_{\text{нпк1}},$$

где $R_{\text{кпк1}}$ – радиус кривой в точке КПК$_1$, определяется величиной стрелы изгиба f, измеренной в данной точке, м; $\varphi_{\text{нпк1}}$ – угол поворота в пределах первой переходной кривой, определенный согласно длине переходной кривой $L^2_{\text{пк}}$, рад.

Радиус в точке НПК$_2$

$$R_{\text{нпк2}} = R^* + \sqrt{L^2_{\text{пк2}} - h^2_{\text{нпк2}}},$$

где R^* – часть радиуса кривой в точке КПК$_1$, определяется исходя из зависимости угла и сторон в прямоугольном треугольнике, м,

$$R^* = R_{\text{кпк2}} \cos \varphi_{\text{нпк2}};\ h_{\text{пк2}} = R_{\text{кпк2}} \sin \varphi_{\text{нпк2}},$$

$R_{\text{кпк2}}$ – радиус кривой в точке КПК$_2$, определяется величиной стрелы изгиба f, измеренной в данной точке, м; $\varphi_{\text{нпк2}}$ – угол поворота в пределах первой переходной кривой, определенный согласно длине переходной кривой $L^2_{\text{пк}}$, рад.

Таким образом, расчетная модель положения кривой определяется как зависимость геометрических параметров положения рельсовой колеи в плане на основании съемки. Такая модель позволяет сделать выводы о фактическом состоянии кривой, основываясь на конкретном радиусе кривой в каждой ее точке.

Список литературы

1 СТП-09150.56.010-2005. Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ : утв. приказом нач. Бел. ж. д. от 29.06.2006 № 221Н. – Минск, 2006. – 283 с.

2 **Бринь, М. Я.** Расчет элементов и разбивка железнодорожных кривых : учеб. пособие / М. Я. Бринь, Н. В. Канашин, В. И. Полетаев ; под ред. М. Я. Бриня. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2008. – 36 с.

3 **Турбин, И. В.** Подбор параметров проектной кривой в декартовой системе координат : учеб. пособие / И. В. Турбин. – М., 2003. – 32 с.

УДК 625.151

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ ПРОИЗВОДСТВА VAE НА ПОЛОЖЕНИЕ ПУТЕЙ В ПЛАНЕ

В. В. РОМАНЕНКО, М. А. КРАСНОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Д. В. ЧАТКИН
Белорусская железная дорога, г. Минск

Группа компаний Voestalpine VAE Legetecha UAB из всех поставщиков стрелочных переводов на Белорусскую железную дорогу (БЖД) имеет возможность обеспечить нетиповые конструкционные условия переводных кривых. Уникальность таких переводов заключается в проектировании основных и боковых путей различной кривизны, при этом радиусы основного пути переводов варьируются от 640 до 2257 м, бокового пути – от 266 до 625 м. Конкретные радиусы переводных кривых назначаются согласно схеме железнодорожных путей станции.

На сегодняшний день на БЖД эксплуатируется порядка 20 криволинейных стрелочных переводов производства VAE, которые уложены на главных путях направления Орша – Минск – Брест, для обеспечения высоких скоростей движения поездов.

Благодаря своим конструктивным особенностям эти стрелочные переводы точно вписываются в необходимый радиус круговой кривой, а также в переходные кривые. Возможно проектирование стрелочных переводов, укладываемых частично в прямолинейный путь, частично в переходную кривую. Кроме того, эксплуатируются криволинейные переводы, начинающиеся в круговой кривой (постоянного радиуса) и заканчивающиеся в переходной кривой (переменного радиуса).

Практически у всех переводов VAE, эксплуатируемых на БЖД, заканчивается ресурс эксплуатации, вследствие чего металлические элементы подлежат замене. С 15 июля 2011 года на БЖД действует Технический регламент [1], принятый решением Комиссии Таможенного союза, который распространяется на инфраструктуру железнодорожного транспорта, в том числе на пути общего и необщего пользования, что ограничивает возможность применения продукции VAE.

Для обеспечения безопасного пропуска поездов необходимо организовать замену исчерпавших свой срок службы стрелочных переводов, при этом рассмотреть возможность укладки либо типовых криволинейных стрелочных переводов производства РФ, либо одиночных обыкновенных.

В настоящее время на станции Минск-Сортировочный эксплуатируется криволинейный стрелочный перевод № 38 производства VAE (СП^{VAE} № 38), имеющий геометрические особенности:

– оба остряка являются криволинейными, их кривизна, а также кривизна переводных кривых соответствует радиусам криволинейных участков путей, на которые они переводят;

– зоны стрелки и соединительных путей расположены в пределах переходной кривой, а зона крестовины – в круговой кривой, таким образом, в передних стыках рамных рельсов радиус обоих путей составляет 476,670 м, в математическом центре крестовины (МЦК) по главному пути – 105,0 м, по боковому – 826,890 м, в задних стыках крестовины – 1065,0 м и 826,890 м по главному и боковому путям соответственно;

– сердечник крестовины сварной и состоит из двух частей: передняя часть сердечника по противошерстному движению длиной порядка 50 см выполнена из высокопрочной стали, которая защищена от коррозии, устойчива к выкрашиванию и постоянным ударным нагрузкам.

Полная длина криволинейного СП^{VAE} № 38 – 42205 мм, полезная длина – 35043 мм, расстояние от острия остряков до точки КПК – 49000 мм, длина переходной кривой – 30 м, радиус круговой кривой, в которую вписан СП^{VAE} № 38 – 1050 м, длина круговой кривой – 116 м. Возвышение наружного рельса в круговой кривой – 30 мм.

Замена криволинейного СП^{VAE} № 38 предполагается одиночным обыкновенным типа Р65, марки 1/11 (СП № 38). Полная длина укладываемого СП № 38 составляет – 33363 мм, исходя из чего разница в длинах стрелочных переводов составляет 42205 – 33363 = 8842 мм.

После укладки типового СП № 38 с совмещением его передних стыков рамных рельсов с СП № 36 до конца переходной кривой остается участок пути длиной 16 м, на котором необходимо обеспечить отвод возвышения наружного рельса кривой, в которую был вписан СП^{VAE} № 38.

В этом случае вписывание типового СП № 38 приведет к сокращению длины переходной кривой, при этом отвод возвышения наружного рельса составит 30 : 16 = 1,9 мм/м, что превышает допускаемую величину согласно [2] для максимальной скорости движения поездов 1,5 мм/м.

Для реализации решения по замене криволинейного перевода типовым замена без изменения параметров геометрии рельсовой колеи в плане невозможна. Очевидно, что для обеспечения минимальной длины переходной кривой, которая обеспечит требуемый отвод возвышения наружного рельса, начало переходной кривой требуется сместить.

Для улучшения плавности движения поездов рассматриваются два варианта: обеспечение минимальной длины переходной кривой при расположении СП № 38 «стык в стык» с СП № 36 (рисунок 1) и обеспечение минимальной длины переходной кривой с устройством прямой вставки между СП № 38 и СП № 36 длиной 25,0 м (рисунок 2).

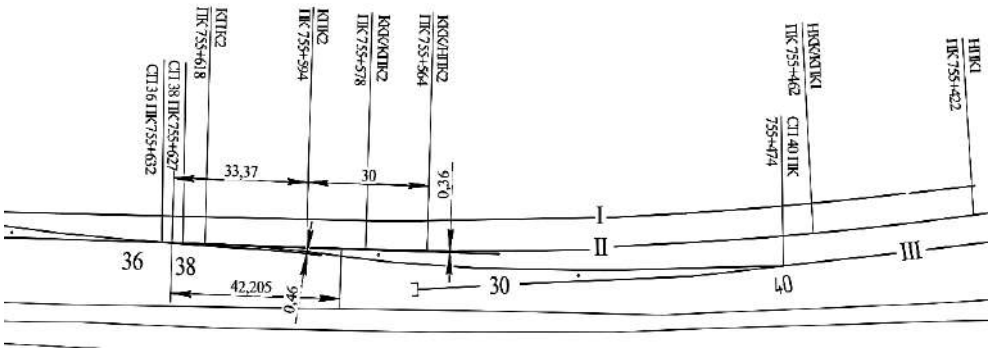


Рисунок 1 – Схема переустройства криволинейного стрелочного перевода с обеспечением минимальной длины переходной кривой

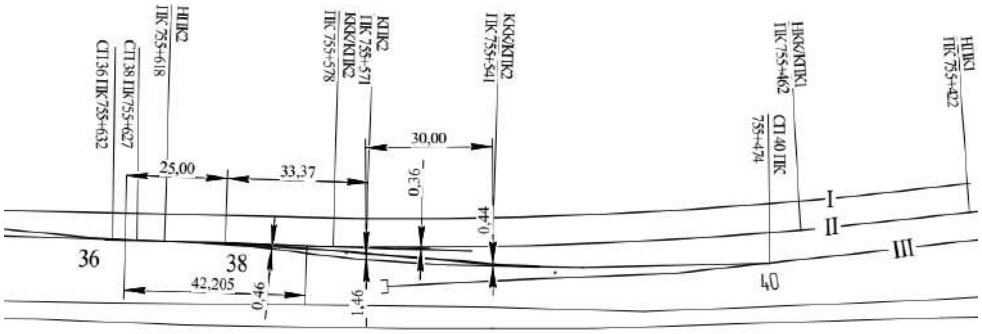


Рисунок 2 – Схема переустройства криволинейного стрелочного перевода с обеспечением минимальной длины переходной кривой и устройством прямой вставки между СП № 36 и СП № 38

Параметрический анализ геометрического положения оси пути после укладки типового стрелочного перевода определил, что для уменьшения величины смещения оси II главного пути и лучшего вписывания кривой во вторую переходную кривую необходимо в обоих случаях изменить радиус круговой кривой с 1050 на 1060 м.

Изменение геометрического положения оси пути в плане в обоих случаях обеспечивает минимальную ширину междупутья, поэтому для реализации задачи по замене криволинейного стрелочного перевода VAE типовым обыкновенным можно рассматривать любой из вариантов.

Список литературы

1 Технический регламент Таможенного союза 003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» / Комиссия таможенного совета. – 2011. – 50 с.

2 СТП-09150.56.010-2005. Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ : утв. приказом Нач. Бел. ж. д. от 29.06.2006 № 221Н. – Минск, 2006. – 283 с.

УДК 625.151

ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ЗАМЕНЕ ПЕРЕКРЕСТНЫХ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ ОДИНОЧНЫМИ ОБЫКНОВЕННЫМИ

В. В. РОМАНЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. Д. МАКАРЕВИЧ
Белорусская железная дорога, г. Орша

Применение перекрестных стрелочных переводов сокращает длину горловины станции, обеспечивая тем самым компактную взаимосвязь станционных путей. Кроме уменьшения длины горловины, применение этих переводов резко сокращает количество обратных кривых на маршрутах приема и отправления поездов. Однако при всех преимуществах вписывания, перекрестные стрелочные переводы сложны по конструкции (включают четыре пары остряков, две острые крестовины марки и две тупые крестовины) и требуют квалифицированного обслуживания [1], поэтому применяются сравнительно редко, например, на станциях, площадка которых стеснена рельефом местности или городскими застройками.

При выработке своего ресурса такие переводы, по возможности, заменяют двумя обыкновенными. Возможность замены определяется условиями эксплуатации и местом расположения перевода: наличием рядом расположенных путей и стрелочных переводов, искусственных сооружений, устройств и т. п.

На станции Орша-Центральная эксплуатируется двойной перекрестный стрелочный перевод № 171/158 типа Р65 марки 1/9, проект 1580.00.000 [2]. Состояние перевода не удовлетворяет требованиям эксплуатации, поэтому подлежит замене. С учетом вышеизложенного в первую очередь необходимо рассмотреть варианты укладки вместо перевода № 171/158 (рисунок 1) двух одиночных обыкновенных № 171 и 158.

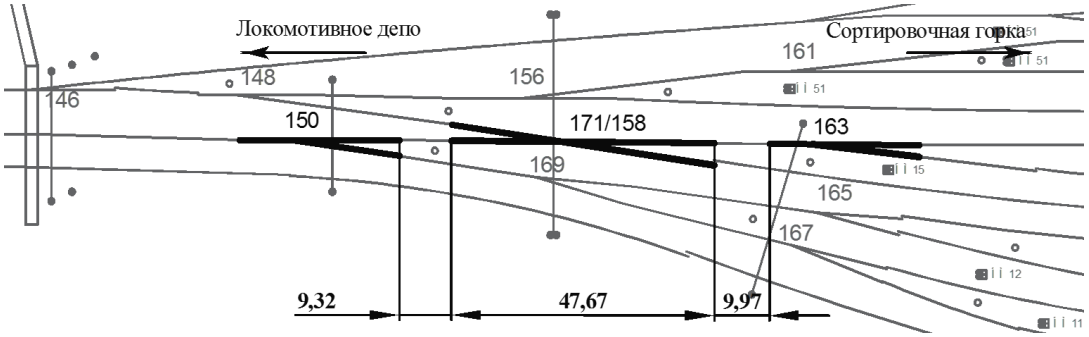


Рисунок 1 – Положение перекрестного стрелочного перевода № 171/158 на станции Орша-Центральная

Особенностью одиночных обыкновенных стрелочных переводов является то, что один из путей прямолинейный, а следовательно, первоначальной задачей в выборе проектного решения замены является выбор направления пути, в который необходимо вписать главные направления одиночных обыкновенных стрелочных переводов (СП).

Как видно из схемы станции (см. рисунок 1), рациональным решением является совмещение главных путей, укладываемых СП № 171 и СП № 158 с существующим направлением: СП № 150 (прямое направление) – СП № 163 (прямое направление). Исходя из размеров перекрестного стрелочного перевода и двух одиночных обыкновенных типа Р65 и марки 1/11 можно сделать выводы:

– одним из вариантов переустройства может стать замена стрелочных переводов со смещением новых СП № 158 и СП № 171 в сторону сортировочной горки;

– вторым из вариантов переустройства может стать замена стрелочных переводов со смещением новых СП № 158 и СП № 171 в сторону локомотивного депо.

Исходя из расположения перекрестного стрелочного перевода и переводов № 150 и 163, необходимо учесть, что в любом случае укладка новых переводов невозможна без их смещения.

Фактическая длина между стрелочными переводами № 150 и 163: 9,32 + 47,67 + 9,97 = 66,98 м.

Перекрестный СП № 171/158 расположен на расстоянии 9,97 м от СП № 163, который относится к территории сортировочной горки, и так как это сокращает ее полезную длину, смещение СП № 163 невозможно. Таким образом, для принятия решения по реализации данного варианта необходимо проверить условия недопущения сдвижки СП № 163 (рисунок 2).

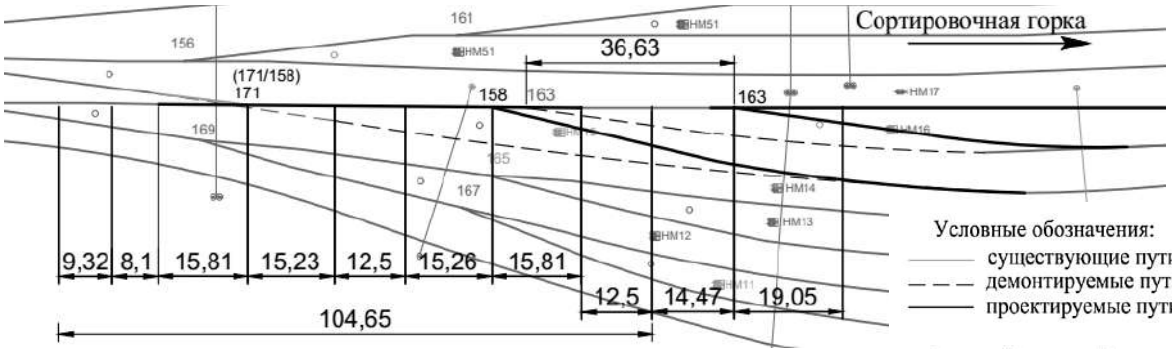


Рисунок 2 – Схема смещения СП № 163 в сторону сортировочной горки после укладки СП № 171 и СП № 158

Согласно рисунку 2 расстояние между задним стыком стрелочного перевода № 150 и передним стыком стрелочного перевода № 163 так: 9,32 + 8,01 + 31,16 + 12,5 + 31,16 + 12,5 = 104,65 м. Таким образом, исходя из разницы расстояния между задним стыком СП № 150 и передним стыком СП № 163 до и после смещения, СП № 163 необходимо перенести в сторону горки на 36,63 м.

СП № 171/158 расположен на расстоянии 9,32 м от СП № 150. При укладке новых переводов со смещением их в сторону локомотивного депо, изменение положения СП № 150 невозможно, так как это вызовет последующее смещение положения всех рядом расположенных стрелочных переводов (№ 146, 144, 142, 130, 128) (рисунок 3). Таким образом, для принятия решения по реализации данного варианта необходимо проверить условия недопущения сдвижки СП № 150.

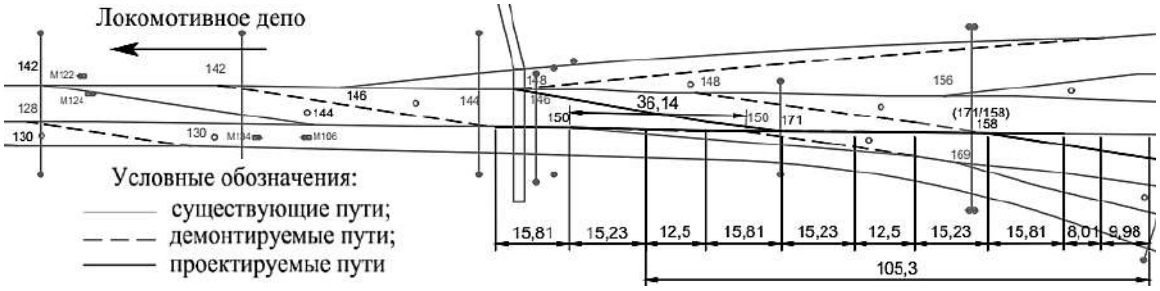


Рисунок 3 – Схема смещения стрелочных переводов № 150, 146, 144, 142, 130, 128 в сторону локомотивного депо после укладки СП № 171 и СП № 158 взамен перекрестного стрелочного перевода

После укладки одиночных обыкновенных СП № 171 и СП № 158 расстояние между задним стыком стрелочного перевода № 150 и передним стыком стрелочного перевода № 163 составит 12,5 + + 15,81 + 15,23 + 12,5 + 15,23 + 15,81 + 8,01 + 9,97 = 105,3 м. Это означает, что существующий СП № 150 необходимо перенести в сторону локомотивного депо на 66,98 – 105,3 = 38,32 м, что повлечет за собой необходимость переноса всех стрелочных переводов, расположенных рядом.

Исходя из анализа проектных решений оба варианта являются экономически нецелесообразными. В этом случае, несмотря на трудоемкость содержания, рациональным является решение именно перекрестного стрелочного перевода, так как изменение пределов его длины вызывает значительные объемы реконструкционных работ по переносу других объектов станции.

Список литературы

1 СТП-09150.56.010-2005. Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ : утв. приказом Нач. Бел. ж. д. от 29.06.2006 № 221Н. – Минск, 2006. – 283 с.

2 Муромский стрелочный завод. Каталог-справочник стрелочной продукции для железных дорог [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://murom-switch.ru/page/10. – Дата доступа : 25.05.2021.

УДК 625.144.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПО ОЦЕНКЕ ФАКТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА КРИВЫХ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ИХ ГЕОМЕТРИИ

В. В. РОМАНЕНКО, А. А. ЦЕНЯН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Л. Н. АРОДЬ
Белорусская железная дорога, г. Минск

На Белорусской железной дороге (БЖД) в рамках действующей программы повышения скоростей движения поездов исследуются проектные геометрические положения криволинейных участков пути с целью либо изменения, либо сохранения скоростного режима. Однако в процессе эксплуатации пути, а также в результате применения выправочных машин без предварительных измерительных поездок и определения сдвижек в фиксированных точках путь на всех направлениях часто бывает «зарихтован». В этом случае параметры плана, регламентированные проектной документацией и принимаемые при переустройстве, в настоящее время практически не имеют ничего общего с фактическим положением либо значительно отличаются от него. Для выявления кривых участков пути, имеющих отклонения от проектного положения, с последующим определением оптимальных параметров устройства кривых участков пути с 06.11.2020 года внедрена Методика по оценке фактических параметров устройства кривых участков пути вагонами-путеизмерителями для их паспортизации (далее – Методика) [1].

Все этапы моделирования параметров искомого геометрического положения криволинейного участка должны выполняться в следующем порядке:

– измерение и регистрация фактических параметров существующих кривых;

– выявление криволинейных участков пути, положение которых не соответствует проектной документации, кривых с величинами непогашенного ускорения ($a_{нп}$) и скорости изменения непогашенного ускорения (Ψ), кривизной отвода возвышения наружного рельса (i), превышающими допускаемые значения и существенно отличающимися от проектного положения;

– определение проектного положения кривой и степени несоответствия его фактическому положению (первая – S_1 и вторая S_2);

– установление наличия возможных препятствий для реализации переустройства кривой;

– определение возможности приведения существующего положения кривой в проектное;

– моделирование геометрического положения кривой, которое позволит не только уменьшить величины сдвижек, но и не нарушит основные требования по проектированию и содержанию кривых;

– проверка нового положения на соответствие установленным скоростям движения по $a_{нп}$, Ψ и i;

– составление плана проведения планово-предупредительных работ с применением выправочных машин по постановке кривых либо в положение, соответствующее установленным скоростям.

Так, в кривых, расположенных на участке Минск – Осиповичи по I главному пути (рисунок 1, *а*) и на участке Минск – Негорелое по II главному пути, установлены несовпадения проектного и фактического положения пути (рисунок 1, *б*).

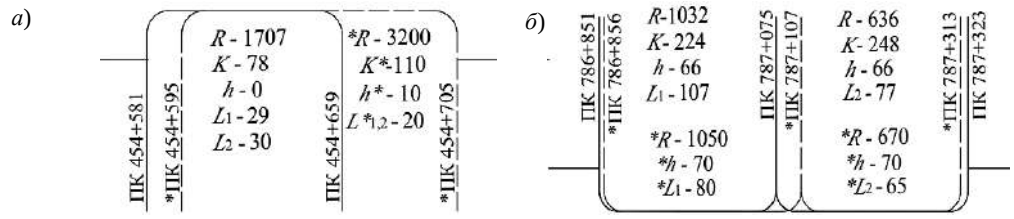


Рисунок 1 – Проектное и фактическое положения кривых:
а – направления Минск – Осиповичи ПК 454+581 – ПК 454+659; *б* – направления Минск – Негорелое ПК 786+851 – ПК 787+323

Согласно методике криволинейные оцениваются как «расстроенная» либо «не расстроенная», для чего определяются параметры, сведенные в таблицу 1.

Таблица 1 – **Фактические параметры кривых**

Отклонение $R_{ср}$ от $R_{пр}$, %	Отклонение $h_{ср}$ от $h_{пр}$, мм	Отвод $h_{н.р}$, при длине 1-й ПК		Отвод $h_{н.р}$ между $ПК_1$ и $ПК_2$		Отвод $h_{н.р}$, при длине 2-й ПК		Несовпадения НПК и КПК по кривизне и уровню (ΔL)			
		$L_{пк1}$, м	i, ‰	$L_{пк}$, м	i, ‰	$L_{пк2}$, м	i, ‰	$НПК_1$	$КПК_1$	$КПК_2$	$НПК_2$
Кривая ПК 454+581 – ПК 454+659											
47	5	29	0,72	–	–	30	0,69	0	0	–	–
Кривая ПК 786+851 – ПК 787+323											
1-я кривая – 2; 2-я кривая – 5	4	84	0,79	0	0	68	1,03	– 9	– 1	14	– 1

Согласно Методике ранжирование показателей геометрии кривых по степеням несоответствия его фактическому положению производится по трем показателям: $P_{пл}$, $P_{ур}$ и P_{Δ}. Изменение этих показателей в ходе текущей проверки средствами диагностики, по сравнению с предыдущими, является основанием для планирования путевых работ, их определение сведено в таблицу 2.

Таблица 2 – **Определение показателей по степеням несоответствия фактического положения кривой проектному**

Показатель расстройства по кривизне ($P_{пл}$)	Показатель расстройства по возвышению ($P_{ур}$)	Показатель расстройства по несовпадению точек начала и конца отводов возвышения и кривизны в переходных кривых (P_{Δ})			
		$НПК_1$	$КПК_1$	$КПК_2$	$НПК_2$
Кривая ПК 454+581 – ПК 454+659					
0,27	1,0	0	0	Не определен	Не определен
Кривая ПК 786+851 – ПК 787+323					
1-й элементарной – 0,35; 2-й элементарной – 0,15	1,0	–0,45	0,7	–0,5	–0,05

Кривая, расположенная ПК 454+581 – ПК 454+659, получила статус «паспортизована», так как ее положение удовлетворяет требованиям паспортизации, однако при этом $R_{ср}$ существенно отличается от $R_{пр}$ (47 %), что относит данную кривую к «расстроенной». В пределах 2-й переходной отсутствует отвод по возвышению, что является нарушением требований [2]. Необходимо определить ее геометрическое положение, которое ликвидирует разницу между $R_{ср}$ от $R_{пр}$ и приведет уровень в 2-й переходной кривой, обеспечивающий отвод возвышения наружного рельса (рисунок 2).

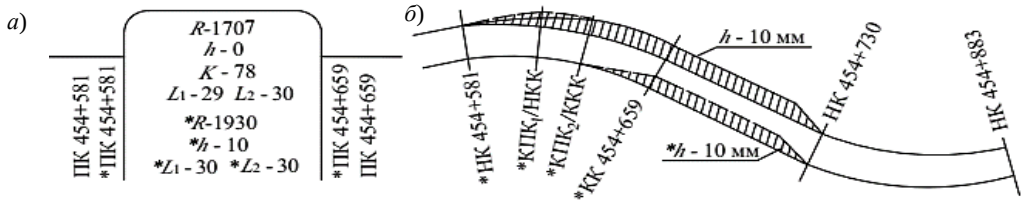


Рисунок 2 – Определение геометрического положения кривой для ликвидации расстройства:
а – изменение пикетажного положения кривой; *б* – изменение отвода возвышения наружного рельса

Кривая, расположенная ПК 786+851 – ПК 787+323, является «расстроенной», что вызывает снижение скоростного режима, а также получила статус «не паспортизована». Необходимо определить ее геометрическое положение, которое позволит сохранить установленные скорости движения поездов и перевести в статус «паспортизована»: устранить отклонения кривизны во 2-й элементарной кривой; выполнить мероприятия, позволяющие уменьшить величину непогашенного ускорения (0,81 м/с^2) в пределах 2-й элементарной кривой с радиусом 670 м; изменить длины переходных кривых.

Список литературы

1 Методика по оценке фактических параметров устройства кривых участков пути мобильными диагностическими средствами для их паспортизации : утв. приказом от 02.11.2020 № 838 НЗ. – Введ. 06.11.2020. – Минск : Белорусская железная дорога, 2020. – 10 с.

2 СТП-09150.56.010-2005. Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ : утв. приказом нач. Бел. ж. д. от 29.06.2006 № 221Н. – Минск, 2006. – 283 с.

УДК 614.8

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПРИ РАБОТЕ НА СКЛАДАХ

И. П. СМИРНОВА, Е. М. ПАНКРАТОВА
Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Тема складской логистики в настоящий период времени весьма актуальна. Достаточно большое количество различных предприятий имеет на своей территории склады и складские помещения, так как вероятность перемещения какого-либо груза по прямому варианту, то есть, минуя склад и перемещая груз с одного вида магистрального транспорта на другой, встречается на практике в редких случаях.

Складская логистика имеет отношение к физическому потоку товаров в то время, когда происходит их получение или отгрузка [2]. Товар, поступивший на склад, хранится там до момента отправления его потребителю (заказчику). Говоря о складе, подразумевают сооружения, которые являются определенным местом для хранения, размещения поступающего груза, товара, материальных ценностей [7].

Существует четыре основных типа складов:

1) частные склады;
2) общественные склады;
3) склады временного хранения;
4) кооперативные склады [1].

Склады первого типа являются собственностью отдельных производителей, компаний, которые расположены в различных городах для хранения собственных товаров. Данный тип складов строится в соответствии с транспортными характеристиками производимых товаров. Товары, хранящиеся на данном типе склада, поставляются на потребительский рынок по требованию.

Склады второго типа создают как независимые единицы для хранения товаров. В дальнейшем взимается определенная плата, контролируемая правительством, за пользование данным складом, за хранение на нем товаров. Владельцами этого типа складов могут стать любой представитель общественности, например, администрация порта.

Следующий рассматриваемый тип складов определенным образом лицензирован правительством для дальнейшего приема импортных товаров на временное хранение.

Последний тип складов является сооружением, которым пользуются несколько торговых организаций, так как строился склад именно группой этих организаций, но принадлежит такой склад лишь одной компании.

Если рассматривать склады и складские помещения с точки зрения безопасности жизни и здоровья человека, а в данном случае персонала, который осуществляет работы в данном сооружении, то можно прийти к выводу о том, что склады и складские помещения являются зоной особой опасности [3]. В первую очередь, какие-либо травмы работник может получить на складе или в складском помещении от складской техники. Степень причинённых увечий может варьироваться от порезов, переломов до смертельного исхода.

В случае причинения серьезного ущерба жизни и здоровью сотрудника рабочий процесс на складе или в складском помещении будет приостановлен. Это связано с проверкой помещений надзорными органами.

Если компания будет вкладывать финансовые средства в проверку и обеспечение безопасности персонала, работающего на складах и в складских помещениях, то эти вложения окупятся, так как:

1) сократится уход сотрудников на больничный лист;

2) уменьшаться или полностью будут отсутствовать ситуации, при которых персонал может получить производственную травму, что сократит на предприятии потери разных видов.

Исходя из этого можно сказать о том, что важной частью рабочего процесса предприятия является проведение инструктажа по технике безопасности не только вновь пришедших работников, но и проверка знаний по технике безопасности у сотрудников, которые уже имеют определенный стаж работы на складах и в складских помещениях.

После проведения теоретической и практической частей инструктажа (обычно от 20 до 40 часов) работники обязаны подтвердить свои новые полученные знания и умения. После проведения всех перечисленных выше мероприятий сотрудник ставит свою подпись в соответствующем документе (журнале) о том, что он прошел инструктаж по технике безопасности при работе на складах и в складских помещениях.

До того как начнется рабочая смена, сотрудники обязаны провести проверку:

– проходов между стеллажами;

– подъездной территории к воротам склада;

– мест хранения товаров на предмет присутствия лишних объектов;

– ячеек для приемки товара на присутствие маркеров с указаниями характера присутствующего на ней груза;

– исправности подъемно-транспортного оборудования;

– полов на отсутствие или наличие дыр (это может затруднить способность техники передвигаться по определенному участку склада) [6].

Также для обеспечения безопасности работников склада предусмотрена выдача средств индивидуальной защиты, которыми являются:

– брезентовые рукавицы;

– строительные перчатки;

– очки;

– ботинки (берцы) со специальной металлической вставкой в подошву и нос обуви для предотвращения получения травм стопы рабочего;

– плащ из полиэфирной ткани с ПВХ-покрытием;

– специальная защитная одежда (куртка, брюки, полукомбинезон);

– каска;

– куртка утепленная;

– жилет сигнальный.

Правила по технике безопасности при работе на складах и в складских помещениях имеют отличия в зависимости от типа склада, характеристики поступаемого на него груза, типа хранения груза и т. п. Но есть и общие моменты, которые учитываются и должны выполняться на каждом складе и в складском помещении.

1 Склад или складское помещение должны иметь доступ к электроэнергии, тем не менее пользоваться розетками для личных нужд запрещается.

2 Работать на складе имеют право только лица, достигшие совершеннолетнего возраста.

3 Работать на складе имеют право только те лица, которые прошли инструктаж по технике безопасности на складе и в складских помещениях.

4 Если на складе или в складском помещении имеются опасные грузы, то работник должен иметь при себе характеристику этих грузов.

Еще один не менее важный аспект, который следует рассматривать, говоря о вопросе безопасности на складах и в складских помещениях, – это правила пожарной безопасности. Чтобы обеспечить пожарную безопасность, следует обращать внимание на виды грузов, хранящихся на складе. От того, насколько токсичен и легковоспламеняем [5] груз, находящийся на складе, будет зависеть степень оборудования помещения специальными средствами для пожаротушения и его предотвращения. К этим средствам относятся:

1) различные огнетушители, например, переносные и передвижные;
2) специальные датчики, которые реагируют на дым и огонь;
3) пожарные гидранты;
4) ящики с песком, перлитом;
5) невоспламеняемые ткани, такие как полотно из асбеста, кошмы, войлока и т. д. [4].

Подводя итог сказанному выше, можно сделать вывод о том, что склад или складское помещение – это в первую очередь место работы сотрудников, на котором их может поджидать опасность: различные травмы, пожары, взрывы, что в худшем случае, может обернуться летальным исходом. Поэтому важную роль на складах и в складских помещениях играет обеспечение техники безопасности и информирование персонала в данной области.

Список литературы

1 Business Study Notes [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.businessstudynotes.com/others/introduction-to-business/explain-the-various-types-of-warehouses/. – Дата доступа : 04.09.2021.

2 Warehouse Management [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.zoho.com/in/inventory/warehouse-management-guides/what-is-warehouse-logistics/. – Дата доступа : 02.09.2021.

3 Все о технике безопасности на складе [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://holodsklad.ru/blog/vse-o-tehnike-bezopasnosti-na-sklade/. – Дата доступа : 06.09.2021.

4 Пожарная безопасность и средства тушения пожаров [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://kran-info.ru/b/book/7/page/7-glava-6-ohrana-truda/52-6-8-pozharnaya-bezopasnost-i-sredstva-tusheniya-pozharov. – Дата доступа : 08.09.2021.

5 Пожарная безопасность складских помещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/metodicheskie-materialy/okazanie-konsultativnoy-metodicheskoy-i-informacionnoy-pomoshchi-organam-mestnogo-samoupravleniya/pozharnaya-bezopasnost-skladskih-pomeshcheniy. – Дата доступа : 08.09.2021.

6 Правила техники безопасности при работе на складе: инструкция для безопасных складских работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://dichat.ru/pravila-tehniki-bezopasnosti-pri-rabote-na-sklade-instrukcija-dlja-bezopasnyh-skladskih-rabot/. Дата доступа : 06.09.2021.

7 Склады, их определение, виды и функции [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.avtodispetcher.ru/doc/138.html. – Дата доступа : 02.09.2021.

УДК 656.08

ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СТРАНЫ

И. П. СМИРНОВА, А. Д. ТАЩИЛИНА
Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород
Российская Федерация

Транспортная инфраструктура является неотъемлемой частью транспортной системы как любого отдельно взятого города, так и государства в целом. В связи с развитием межобщественных отношений, интенсивным расширением и развитием международных отношений, а также процессами глобализации значение транспорта как фактора экономического и социального развития существенно возросло. Так, различные сферы деятельности, связанные с развитием транспортной инфраструктуры, всё чаще становятся объектами научных исследований.

Транспортная инфраструктура является основной частью всего транспортного комплекса любой страны, так как объекты транспортной инфраструктуры обеспечивают с помощью транспортных средств осуществление как внутренних, так и внешних пассажиро- и грузоперевозок. Именно состояние, степень развития и безопасности транспортной инфраструктуры определяют потенциальные возможности и эффективность функционирования транспортного комплекса страны.

Роль транспорта и транспортной инфраструктуры как в экономическом, так и в социальном комплексе имеет важное консолидирующее значение для укрепления и развития внутригосударственных и международных отношений, а также является важным фактором конкурентоспособности государства на международном рынке, в том числе при реализации его транзитного потенциала. Также стоит отметить, что на роль транспортной инфраструктуры можно посмотреть поразному. С одной стороны, возникновение и развитее транспортной инфраструктуры происходит вследствие появления тех или иных транспортных потребностей регионов и в целом государства, при этом соблюдается приоритетность социального и экономического развития. Для качественного и максимально безопасного удовлетворения данных потребностей происходит постоянное совершенствование и корректировка норм и правил безопасности транспортной инфраструктуры и транспортных услуг. С другой стороны, транспортная инфраструктура является одним из жизнеобеспечивающих факторов социально-экономической системы, необходимым для существования и развития любой страны. Проектирование новых путей сообщения, транспортных коридоров, разработка и совершенствование транспортных технологий позволяют открывать новые возможности для экономики и социальной сферы [1].

В свою очередь под «транспортной инфраструктурой» следует понимать совокупность путей сообщения, транспортных сооружений и устройств различных видов транспорта, транспортных комплексов и терминалов, где состыковываются транспортные пути и инженерно-технические со-

оружения различных видов транспорта. В составе транспортной инфраструктуры можно выделить транспортные системы городов, единые транспортные системы городов-центров и тяготеющих к ним районов, транспортные системы отдельных регионов и страны в целом [2].

Разветвленная и эффективная транспортная инфраструктура необходима для хорошо функционирующей экономики и развития регионов и городов. При эффективном проектировании транспортные сети могут стать двигателем производительности и повышения качества жизни.

Одним из компонентов национальной безопасности признано обеспечение безопасности внутреннего транспортного комплекса, нарушение которой грозит значительным технологическим, экологическим, материальным ущербом, в том числе причинением вреда жизни и здоровью людей. Следовательно, транспортные средства рассматриваются как источники повышенной общественной опасности. Транспортная система классифицируется как система объектов, характеризующихся повышенным риском [3].

Пристальное внимание к вопросам транспортной безопасности предопределено:

1) глобальной угрозой террористического плана;

2) высоким уровнем износа современного транспорта;

3) ежегодным значительным ущербом для интересов человека, государства и общества в результате многочисленных аварий.

Транспортная безопасность – это постоянный процесс, включающий следующие компоненты в транспортном комплексе:

– состояние защищенности наиболее значимых интересов личности, государства, общества;

– сохранение указанного состояния;

– постоянный мониторинг, оценка уровня уязвимости транспортного комплекса;

– проведение превентивных адекватных мер с учетом внутренних и внешних угроз и вызовов.

Своеобразие транспортной инфраструктуры наземного, водного и воздушного транспорта, сфера использования определенных видов транспорта и подвижных составов, стремление к повышению скорости оказания транспортной услуги (грузо- и пассажироперевозка), сокращение транспортных издержек и сокращение стоимости обслуживания объектов транспортной инфраструктуры вызывают сложность в организации, координации и контроля систем, обеспечивающих безопасность транспортной инфраструктуры.

Транспортная безопасность подразумевает состояние защищенности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства (АНВ), к которым относят противоправное действие (бездействие), в том числе террористический акт, угрожающее безопасной деятельности транспортного комплекса, повлекшее за собой причинение вреда жизни и здоровью людей, материальный ущерб либо создавшее угрозу наступления таких последствий [4].

Для гармоничной и бесперебойной работы всех объектов транспортной инфраструктуры необходимо обеспечить грамотную и отлаженную работу всех органов, обеспечивающих соблюдение правил и законов, которые связаны с транспортной безопасностью, выявить приоритетность работы органов, обеспечивающих безопасность транспортной инфраструктуры. Также необходимо использование современных технологий и методов повышения эффективности мероприятий по организации движения транспорта по наземным, водным и воздушным путям сообщения, инструментов обеспечения качества и безопасности транспортных процессов, ремонта и технического обслуживания, хранения транспортных средств на определенной территории.

С точки зрения организационной, правовой и управленческой деятельности действующее законодательство способствует решению ряда задач:

– организации системы государственного управления антитеррористической защитой объектов транспорта;

– налаживанию взаимодействия органов государственной власти с субъектами инфраструктуры;

– формированию кадрового состава служб, обеспечивающих безопасность транспортной инфраструктуры;

– техническому оснащению транспортных узлов;

– принятию решений в организационных, режимных, инженерных вопросах, связанных с мерами безопасности транспортной инфраструктуры;

– информационно-аналитическому сопровождению и регулированию правомерной деятельности на объектах транспортной инфраструктуры и транспорта и др.

Правовой основой международного сотрудничества в сфере транспортной безопасности признаются международно-правовые документы универсального и регионального характера, принятые и ратифицированные национальными парламентами.

Подводя итоги проведенного исследования по данной теме, хотелось бы еще раз обратить внимание на то, что транспортная инфраструктура и транспортные средства (подвижные составы) являются одним из ключевых аспектов для развития внутригосударственных и международных социально-экономических отношений любой развивающейся страны. Поэтому обеспечение безопасности транспортной инфраструктуры от актов незаконного вмешательства является одним из приоритетных направлений организационной, правовой и управленческой деятельности законодательного органа управления страны.

Список литературы

1 **Герами, В. Д.** Управление транспортными системами. Транспортное обеспечение логистики : учеб. и практикум для вузов / В. Д. Герами, А. В. Колик. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : 2020. – 533 с.

2 **Загорский, И. О.** Транспортная инфраструктура : учеб. / И. О. Загорский, П. П. Володькин, А. С. Рыжова. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. – 228 с.

3 Наказание в системе уголовно-правовых средств противодействия преступности: взаимодействие правовых систем в условиях глобализации международной жизни / А. В. Авдеев [и др.] // Всероссийский криминологический журнал [Электронный ресурс]. – 2016. – № 2. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/nakazanie-v-sisteme-ugolovno-pravovyh-sredstv-protivodeystviya-prestupnosti-vzaimodeystvie-pravovyh-sistem-v-usloviyah-globalizatsii. – Дата доступа : 09.09.2021.

4 Транспортная безопасность: основные понятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66069/. – Дата доступа : 05.09.2021.

УДК 625.745.12

О ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ МОСТА ЧЕРЕЗ р. БАТЫВЛЯ НА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ

В. В. ТАЛЕЦКИЙ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проведено обследование пролетных строений моста через р. Батывля на автомобильной дороге, подъезд к д. Некрашовка, от автомобильной дороги Р-128 Туров – Лельчицы – Словечно до автомобильной дороги Р-31. Цель обследования – установить возможность пропуска автомобильного транспорта с нагрузкой класса Н80.

Мост действующий, введен в эксплуатацию в 1974 г. Пролетная статическая схема моста балочная разрезная 5×12 м. Габаритная схема по ширине Г 6,39+2×0,73 м. О грузоподъемности моста сведения отсутствуют.

Пролетные строения моста выполнены из сборных железобетонных балок таврового сечения, объединенных монолитными стыками по плите. В поперечном сечении строения расположено 5 балок с шагом 1,57–1,66 м, монолитные участки шириной 36–40 см. Балки имеют номинальную длину 12 м, расчетный пролет 11,4 м. Высота балок 0,9 м, ширина полки 1,2 м, толщина полки 150 мм и толщина стенки 160 мм. Балки выполнены предварительно напряженными из бетона класса В30, армированы двумя пучками из 24 высокопрочных проволок Ø5 мм в каждом. По геометрическим размерам поперечного сечения и армированию балки соответствуют серии 3.503.1-73.

При обследовании состояния балок пролетных строений установлено их удовлетворительное состояние и возможность дальнейшей эксплуатации.

Для определения грузоподъемности пролетных строений моста были выполнены поверочные расчеты. Несущая способность сечения балки составила 813 кН·м. Расчетный изгибающий момент в середине пролета от постоянной нагрузки 370 кН·м, тогда величина изгибающего момента, приходящегося на временную нагрузку, составила 443 кН·м.

Чтобы рассчитать грузоподъемность пролетных строений, определялся коэффициент поперечной установки (КПУ). Для сравнения в одном случае линии влияния для расчета КПУ определялись по обобщенному методу внецентренного сжатия, во втором – расчет КПУ выполнялся по линиям влияния ТКП 479-2019 «Правила определения грузоподъемности железобетонных и сталежелезобе-

тонных балочных пролетных строений автодорожных мостов». Линии влияния по ТКП приняты для балок серии 3.503-14, № 710/1, Союздорнии, 1969, аналогичных обследуемым балкам.

В первом случае грузоподъемность крайних балок № 1 и 5 составила 49 тс, класс нагрузки Н49, средних балок № 2 и 4 составила 75 тс, класс нагрузки Н75. Во втором случае грузоподъемность крайних балок составила 55 тс, класс нагрузки Н55, средних балок – 61 тс, класс нагрузки Н61. Очевидно, что грузоподъемность балок пролетного строения недостаточна для проезда одиночных автомобилей с нагрузкой Н80.

Было принято решение определить грузоподъемность балок пролетного строения при движении автомобилей по одной полосе по середине моста.

В результате расчета было получено: при расчете КПУ по линиям влияния обобщенного метода внецентренного сжатия грузоподъемность крайних балок составила 91 тс, класс нагрузки Н91, грузоподъемность средних балок 183 тс, класс нагрузки Н183; при расчете КПУ по линиям влияния ТКП 479-2019 грузоподъемность крайних балок составила 133 тс, класс нагрузки Н133, грузоподъемность средних балок 80 тс, класс нагрузки Н80.

Следует отметить, что значения КПУ рассчитанные по разным методам, показывают разную грузоподъемность пролетных строений, что понятно, но минимальное значение грузоподъемности не определено однозначно.

Вывод. Расчетом грузоподъемности железобетонных пролетных строений моста через р. Батывля на автомобильной дороге установлено соответствие требуемой одиночной нагрузки Н80 при однополосном движении по середине моста.

УДК 625.11

СООРУЖЕНИЯ И УСТРОЙСТВА, ПОВЫШАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ И СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ УСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

З. Ю. ТОЛОЧКО
Институт «Желдорпроект» Белорусской железной дороги, г. Минск

Н. В. ДОВГЕЛЮК, К. С. МАЛАЩЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В Государственной программе «Транспортный комплекс», подпрограмме 1 – «Железнодорожный транспорт» на 2021–2025 годы предусматривается комплексное развитие инфраструктуры для надежного, безопасного выполнения графика движения поездов, расширение использования электрической тяги для движения поездов [1].

Электрическая тяга способствует повышению скорости движения поездов, введению в обращение длинно-составных тяжеловесных грузовых поездов, развитию грузовых перевозок в направлении Китай – Западная Европа в рамках инициативы «Один пояс – один путь», в том числе за счет пропуска ускоренных контейнерных поездов. Пропуск ускоренных тяжеловесных поездов для безопасности движения требует устойчивого земляного полотна железнодорожного пути.

Для защиты дороги от осыпей и обвалов каменного и грунтового материала, в результате разуплотнения грунтов, с бровок выемок предусматривается строительство верховой бетонной монолитной подпорной стенки. Высота сооружения принимается равной 9,0 м, так как высота подпираемого откоса по разбивочной оси подпорной стенки достигает 7,2 м. Для отвода дождевых и талых вод предусматривается застенный дренаж.

Местоположение подпорной стенки обосновывается тем, что она находится на близком расстоянии от крутого склона. На склоне, при инженерно-геологических изысканиях, было выявлено, что грунт основания – суглинок полутвердый древесный, а значит, данный грунт при большой влажности легко подвижен.

Сооружение рассчитывается на устойчивость под воздействием сейсмических нагрузок 9 баллов и воздействии нагрузки Н-8,3 по ГОСТ Р 52748-2007.

Для сооружения стены принимается бетон класса В20 F200 W6. Сама конструкция стены принимается по типовому альбому (тип VII, при R = 0,4 МПа и U = 35°).

Конструктивные решения проектирования подпорной стены основываются на том, что в течение всего срока службы обеспечивается безопасность и бесперебойность нормального движения поездов, а также простота и наименьшая трудоемкость ее содержания в процессе эксплуатации.

Верховая подпорная стена согласно ВСН располагается за водоотводным кюветом. Расположение контактных опор выполняется с противоположной стороны пути. Расстояние от оси железнодорожного пути до разбивочной оси подпорной стены в зависимости от категории дороги и вида грунта земляного полотна принимается 3 м. Так как стена находится в кривой, то расстояние в зависимости от радиуса кривой увеличивается на $\Delta = 0{,}5$ м.

При проектировании стены в профиле учитывается уклон местности. Так как на данном участке уклон круче 0,02, устраивается стена со ступенчатой подошвой. Глубина заложения подошвы фундамента – 0,25 м.

Основные расчеты по проектированию подпорных стен производятся по трем предельным состояниям. По первому предельному состоянию выполняются расчеты: устойчивости стены против опрокидывания и скольжения; прочности стены; прочности основания под подошвой фундамента стены. По второму предельному состоянию проверяется положение равнодействующей внутренних сил в сечении по подошве фундамента. По третьему предельному состоянию проверяется положение равнодействующей внутренних сил в поперечных сечениях каменных и бетонных стен и рассчитываются на трещиностойкость секций железобетонные стены.

При расчете рассматриваются участки стены длиной 1 м. Нагрузки, действующие на стену и на поверхность грунта за стеной, приводятся к рассматриваемому участку стены.

Расчет устойчивости стены против опрокидывания производится путем определения коэффициента устойчивости (деление момента опрокидывающих сил относительно оси, проходящей через переднее нижнее ребро подошвы фундамента стены на предельный момент, равный моменту удерживающих сил относительно той же оси) и сравнения его с коэффициентом условий работы.

Подпорные сооружения (стенки) из бетона, бутобетона и свай применяются в случаях глубоких выемок, однако их применение помимо конструктивных преимуществ ограничено сложностями доставки больших объемов бетона к месту заливки.

Для стабилизации оползневых склонов помимо обеспечения подпора оползневых масс важнейшим требованием является эффективный сбор и отвод поверхностных талых и дождевых вод. Это обеспечивается устройством открытых канав, перехватывающих потоки, приходящие с верхних склонов или собирающиеся на пологих участках и сети закрытых дренажей, которые распределены непосредственно по телу оползня [2].

Для защиты трассы от обвальных явлений используются также:

– сетчатые заграждения барьерного типа с натяжением сетки между опорами с растяжками, закрепленными на склоне. Протяженность требуемая, высота от 1,5 до 3 м;

– покровные сетки плоские металлические, укрывающие склон на большой площади с целью закрепления и стабилизации свободно лежащих камней и обломков на склоне. Сама сетка фиксируется на склоне забивными грунтовыми гвоздями или грунтовыми анкерами в зависимости от крутизны склона, крупности обломков и нагрузки. Покровные сетки устанавливаются в сочетании с биоматами для надежной фиксации последних и обеспечения условий для прорастания закрепляющего растительного покрова.

Важной особенностью является то, что все базовые мероприятия по закреплению и защите склонов от оползней и обвальных явлений выполняются при первичном воздействии на склоны при подведении временных дорог, организации площадок и других мероприятий.

Армирование грунтовых сооружений в виде дамб, насыпей, выемок откосов современными синтетическими материалами позволяет резко улучшить физико-механические характеристики сооружения, крутизну откосов, устойчивость к внешним воздействиям, включая сейсмическую. Дополнительными преимуществами являются общая эластичность, низкая удельная нагрузка на основание, возможность формирования сооружения из местных грунтов даже плохого качества и простой интеграции в тело сооружения дренажных и водопропускных устройств. Для армирования грунтов применяют геотекстиль и геосетки (георешетки). Использование армированных грунтов позволяет возводить дамбы. Немаловажным фактором является возможность засеивания поверхности растениями и природный внешний вид.

Армированные грунты хорошо подходят для сейсмической зоны, так как конструкции из них очень эластичны и имеют очень хорошую устойчивость.

При формировании слоев передняя плоскость откоса формируется специальной оснасткой в виде временной опалубки, которая снимается после укладки, и уплотнения грунта на высоту слоя и армируется георешеткой типа TENAX TT. При использовании геоткани по передней плоскости устанавливаются оцинкованные армокаркасы с заданным углом откоса, которые остаются в теле и удерживают в виде сетчатого бандажа геоткань по плоскости откоса.

Состав материалов и плотность армирования рассчитывается в зависимости от прилагаемой нагрузки и геометрии сооружения. Применяются синтетические материалы повышенной химической стойкости и долговечности, различного назначения и различных производителей, например: ГеосеткаTenax TT160 SAMP. Материал экструдированный пластик, полиэтилен или полипропилен, температура возгорания более 300 °С, твердость при 2 % предела текучести при напряжении – 45 кН/м, при 5 % предела текучести при напряжении – 90 кН/м; разрушающая нагрузка 160 кН/м при удлинении 13 %, долговременная твердость 75,4 кН/м; сетка с ячейкой 200×20 мм.

Список литературы

1 Государственная программа «Транспортный комплекс», подпрограмма «Железнодорожный транспорт» на 2021–2025 годы : постановление Сов. Мин. № 165 от 23.03.2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://pravo.by/upload/docs/op/C22100165_1616792400.pdf. – Дата доступа : 20.09.2021.

2 **Довгелюк, Н. В.** Реконструкция железных дорог : учеб. пособие / Н. В. Довгелюк, Г. В. Ахраменко, В. А. Вербило. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 339 с.

УДК 625.17

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ И РАСЧЕТ ЕГО СТОИМОСТИ

П. С. ТРУХАНОВ

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Российская Федерация

Обеспечение безопасности движения поездов было и остается одной из важнейших задач ОАО «РЖД», которой уделяется приоритетное внимание. Правлением компании ОАО «РЖД» поставлена задача последовательного перехода к оценке текущей деятельности на основе показателей надежности, рисков, управления ресурсами. Это обусловлено, в частности, требованиями системы обеспечения безопасности RAMS, рядом европейских и российских стандартов. Существующие требования по безопасности влияют на стоимость жизненного цикла (СЖЦ), так как они определяют нормы и допуски параметров при проектировании и техническом обслуживании (ТО).

Жизненный цикл объекта – это деятельность, возникающая в течение периода времени, который начинается с этапа создания концепции объекта и заканчивается утилизацией объекта. Расчет стоимости жизненного цикла (СЖЦ) – это процесс экономического анализа для оценки стоимости объекта, охватывающий весь жизненный цикл, его отдельные этапы или комбинации различных этапов. Чтобы оценить полную СЖЦ, необходимо разбить ее на составляющие элементы затрат.

При формировании программ по объектам инфраструктуры, относящихся к железнодорожному пути, применяют следующую стоимостную модель [1]:

$$\begin{cases} \overline{\text{СЖЦ}} = \dfrac{S_{\text{рек}} + \sum\limits_{i=1}^{n}\left(S_{\text{тс}}(i) + S_{\text{р}}(i) + S_{\text{отк}}(i)\right) - S_{\text{ут}}(n)}{n} \to \min; \\ \eta(n) \le C, \end{cases} \quad (1)$$

где $\overline{\text{СЖЦ}}$ – среднегодовая стоимость жизненного цикла 1 км железнодорожного пути; $S_{\text{рек}}$ – стоимость реконструкции; $S_{\text{тс}}(i)$, $S_{\text{р}}(i)$, $S_{\text{отк}}(i)$ – стоимость соответственно текущего содержания, промежуточных ремонтов и отказов в год; $S_{\text{ут}}(n)$ – стоимость утилизации объекта (в конце срока службы); n – продолжительность жизненного цикла в годах; η – функция отказов (показатель надежности); C – требуемый уровень надежности.

Жизненный цикл конструкции верхнего строения железнодорожного пути (ВСП) начинается с реконструкции (или капитального ремонта), в последствии выполняется текущее содержание пути, а по мере износа элементов пути – восстановительные работы (рисунок 1). По окончании жизненного цикла выполняется утилизация железнодорожного пути, имеющая возвратную стоимость.

На рисунке 1 представлены два варианта ремонтных схем. Второй позволяет увеличить нормативный срок службы вдвое, однако в середине жизненного цикла выполняется дорогостоящий ремонт, и всё же он дешевле капитального.

а)

б)

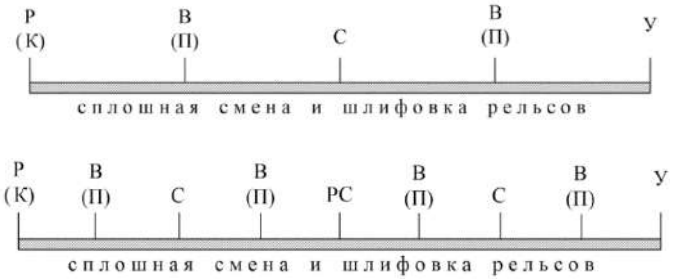


Рисунок 1 – Восстановительные работы, выполняемые за период жизненного цикла ВСП, при нормативном сроке службы:
а – 700 млн т бр.; *б* – 1400 млн т бр.;
Р – реконструкция пути; К – капитальный ремонт; В – планово-предупредительный ремонт; П – подъемочный ремонт; С – средний ремонт; РС – сплошная смена рельсов в объеме среднего ремонта; У – утилизация ВСП

Для выполнения расчета СЖЦ ВСП выбраны 4 участка пути, отличающиеся конструкцией, ремонтными схемами, грузонапряженностью [1]. В таблице 1 и на рисунке 2 приведены итоги расчета СЖЦ ВСП.

Таблица 1 – **Варианты конструкций ВСП и итоги расчета СЖЦ**

Вариант	Качественная характеристика элементов ВСП	Грузонапряженность, млн т·км бр./км в год	Ремонтная схема	Продолжительность ЖЦ, лет	Планируемый/фактический срок службы, млн т бр.	СЖЦ, тыс. руб.	
						Суммарная	Среднегодовая
1	Бесстыковой путь из рельсов типа Р65 категории Т1, скрепления КБ-65	115	К-В-С-В-К	6	700/691	34 884	5 814
2	Бесстыковой путь из рельсов типа Р65 категории Т1, скрепление КБ-65	115	К-В-С-В-РС--В-С-В-К	12	1400/1381	46 693	3 891
3	Бесстыковой путь из рельсов типа Р65 категории ДТ370ИК, скрепление ЖБР-65ПШМ	115	К-В-С-В-К	8	880/921	37 082	4 635
4	Бесстыковой путь из рельсов типа Р65 категории Т1, скрепление КБ-65	37	К-В-В-С-В--В-К	19	700/704	31 453	1 655

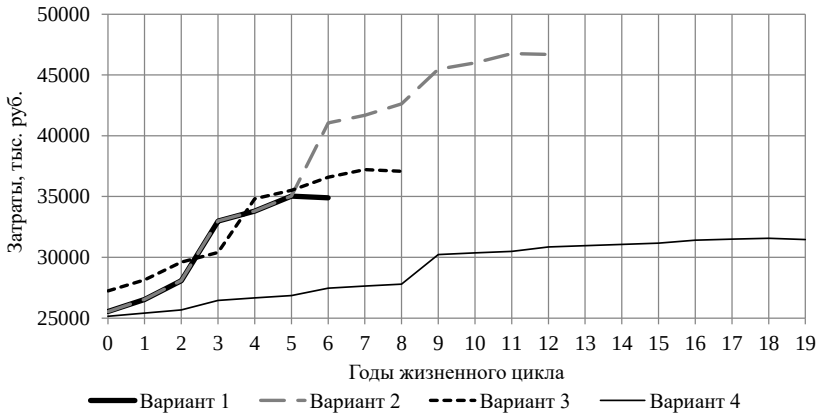


Рисунок 2 – Суммарные затраты по годам жизненного цикла ВСП нарастающим итогом по вариантам

По итогам расчета можно сделать вывод, что на СЖЦ ВСП основное влияние оказывают конструкция пути, грузонапряженность и восстановительные работы. Снизить среднегодовые затраты позволяет более долговечная конструкция пути и использование в середине ЖЦ сплошной смены рельсов, выполняемой в объеме среднего ремонта. По элементам затрат наибольшую долю имеет реконструкция/капитальный ремонт – 40–60 %, второе место занимают затраты на промежуточные ремонты и утилизацию – 16–36 %, следующая доля расходов относится к текущему содержанию пути – 12–16 %. Наименьшую долю затрат в жизненном цикле составляют расходы, связанные с отказами пути – 1,0–1,6 %.

Список литературы

1 **Карпущенко, Н. И.** Расчет стоимости жизненного цикла верхнего строения пути / Н. И. Карпущенко, П. С. Труханов // Путь и путевое хозяйство. – 2019. – № 3. – С. 30–33; № 4. – С. 34–37.

УДК 656. 2.0.8(676.2)

АНАЛИЗ ОХРАНЫ ТРУДА В ГОМЕЛЬСКОМ ОТДЕЛЕНИИ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В. И. ХОЛЯВКО
Белорусская железная дорога, г. Гомель

В. И. ИНЮТИН, А. С. ЛАПУШКИН, А. В. АНИЩЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В 2020 году предприятия отделения железной дороги удержали отсутствие количества нарушений безопасности движения. На предприятиях Гомельского отделения в установленные сроки проводится аттестация рабочих мест, которая позволяет определить и установить количество работников, занятых в опасных и вредных условиях труда. На отделении проведена работа по сокращению численности работников, занятых в опасных и (или) вредных условиях труда. В соответствии с Положением о проведении контроля за соблюдением законодательства об охране труда, утвержденным приказом от 30.10.2020 № 884П, в РУП «Гомельское отделение Белорусской железной дороги» во всех структурных подразделениях действует контроль за соблюдением законодательства об охране труда.

Численность работников, которые пользуются компенсациями (сокращенная продолжительность рабочего времени, бесплатное обеспечение молоком и лечебно-профилактическим питанием, повышенная оплата труда) за работу во вредных и опасных условиях труда, составляет 4300 человек. На каждом структурном подразделении и дочернем предприятии имеются места работы с повышенной опасностью, такие как:

– работы в хозяйствах движения, пути, подвижного состава, сигнализации и связи;

– эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт подвижного состава и сооружений железнодорожного транспорта;

– работы на высоте;

– ремонт и техническое обслуживание автомобильных и других транспортных средств;

– эксплуатация, ремонт и техническое обслуживание грузоподъемных кранов, машин и механизмов.

Обучение, инструктажи по охране труда, проверка знаний руководящих работников, специалистов, рабочих проводятся в РУП «Гомельское отделение Белорусской железной дороги» в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами Республики Беларусь.

Во всех структурных подразделениях (филиалах) и дочернем предприятии ТЭР ДУП «Гомельжелдортранс» имеются специалисты по охране труда. В локомотивных депо Гомель, Калинковичи, Гомельском вагонном депо, Гомельской, Жлобинской, Калинковичской дистанциях пути, Гомельской дистанции сигнализации и связи, Гомельской дистанции гражданских сооружений, Гомель-

ской дистанции электроснабжения, Гомельском вагонном участке, ТЭР ДУП «Гомельжелдортранс» имеется по 2 инженера по охране труда.

В настоящее время общее количество специалистов, ведущих вопросы охраны труда, составляет 66 человек (главный инженер отделения, отдел охраны труда и окружающей среды, главные инженеры и инженеры по охране труда структурных подразделений и дочернего предприятия).

Имеются кабинеты по охране труда, оснащенные в соответствии с рекомендациями типового положения. Справочно-методическая литература, пособия, уголки по охране труда постоянно обновляются.

За 2020 год разработано более 50 инструкций по охране труда, пересмотрено, внесено изменений и утверждено около 70 инструкций, в том числе в связи с электрификацией на участке Жлобин – Калинковичи и узле Калинковичи всеми причастными предприятиями.

В целях принятия действенных мер по повышению контроля за состоянием работы по охране труда и созданию здоровых и безопасных условий труда на 2020 год в отделении проводились целевые и внезапные проверки по вопросам охраны труда и промышленной безопасности в обособленных структурных подразделениях и дочернем предприятии отделения. На отделении дороги ежеквартально проводится анализ состояния условий, охраны труда и производственного травматизма, причин несчастных случаев. Ежегодно в отделении дороги подводятся итоги смотра-конкурса состояния охраны труда среди предприятий отделения дороги.

Работники предприятий и структурных подразделений полностью обеспечиваются спецодеждой, спецобувью и другими СИЗ в соответствии с Инструкцией о порядке обеспечения работников средствами индивидуальной защиты, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 30.12.2008 № 209 (в 2020 году затрачено около 1,5 млн рублей).

Одно из основных направлений, которому уделяется значительное внимание, – создание для работников надлежащих санитарно-бытовых условий:

– организовано помещение для сушки средств индивидуальной защиты (локомотивное депо Гомель);

– в помещении мужского гардероба оборудована конвективная сушка для обуви (Гомельское вагонное депо);

– произведен капитальный ремонт здания сбора монтеров пути (ст. Круговец Гомельской дистанции пути);

– произведен ремонт гардеробных в помещении мастерских (Калинковичская дистанция пути);

– приобретен и установлен в гардеробной операторов СТЦ сушильный шкаф для спецодежды (станция Гомель);

– закуплена бытовая техника для комнат приема пищи – 5 электрочайников (станция Жлобин).

В 2020 году на отделении дороги проводились профилактические мероприятия, направленные на недопущение распространения острых респираторных инфекций. На отделении с 16.03.2020 ежедневно проводится обработка дезинфицирующими растворами всех пассажирских вагонов и МВПС, задействованных в перевозочном процессе.

За два месяца 2021 года (январь, февраль) в санатории отделения 44 работника оздоровились, прошли реабилитацию после COVID-19. На железнодорожных станциях отделения железной дороги с 07.04.2020 ограничен доступ в помещение дежурного по станции и диспетчерского аппарата отдела перевозок. С 13.04.2020 для работающих в здании отделения дороги установлен обязательный масочный режим, маски приобретаются за счет работников. Приобретена и установлена камера на входе в отделение дороги для проведения контроля за обязательной обработкой рук антисептическим средством всеми работниками. В период с 11.05.2020 по 18.08.2020 и с 19.10.2020 проводится бесконтактное измерение температуры тела на входе в здание отделения дороги. С 08.02.2021 термометрия работникам проводится в структурных подразделениях (отделах, секторах, участках) назначенными работниками.

26.02.2021 отправлена заявка на 2 квартал в УП «Белжелдорснаб» на поставку масок медицинских – 114 000 шт., одноразовых масок – 3000 шт., перчаток одноразовых медицинских – 201 000 пар, а также на дезинфицирующие средства для поверхностей – 2 090 литров и дезинфицирующие средства для рук – 5 051 литр.

С 06.04.2020 в столовые и буфеты закрыт доступ сторонних посетителей, часы обеденного перерыва сдвинуты, чтобы за столиком находилось не более 1 человека. На раздаточных линиях нанесена разметка, для соблюдения дистанции 1,5–2 метра между посетителями.

Руководством отделения железной дороги принимаются меры, направленные на снижение уровня производственного травматизма, проводится работа по обеспечению безопасных условий труда, сохранению жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

Список литературы

1 Анализ состояния безопасности движения на Гомельском отделении Белорусской железной дороги / В. И. Холявко [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. – Гомель : БелГУТ, 2019.– С. 405–407.

2 Организация работ по охране труда и анализа безопасности движения в путевом хозяйстве на Гомельском отделении Белорусской железной дороги / В. И. Холявко [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 4. – Гомель : БелГУТ, 2019. – С. 65–66.

УДК 338.47:625.74

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ПРИДОРОЖНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

И. М. ЦАРЕНКОВА, Н. С. ЖАРИН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Транспортная инфраструктура формирует базис транспортно-логистической системы государства. В целях создания эффективной, отвечающей современным требованиям системы обслуживания транспортных потоков следует уточнить сущность ключевых понятий и выявить основные проблемы, замедляющие ее развитие. В официальных источниках понятие транспортной инфраструктуры представлено достаточно широко как «совокупность коммуникаций автомобильного, железнодорожного, водного, воздушного, трубопроводного транспорта, предназначенных для движения транспорта, пешеходов, перемещения пассажиров, багажа и грузов, в том числе продукции, по территориям населенных пунктов и межселенным территориям» [1]. Уточненный элементный состав предложен в определении следующей редакции: «Транспортная инфраструктура – транспортные коммуникации, терминалы, логистические центры и иные сооружения, устройства и оборудование, обеспечивающие работу транспорта при осуществлении перевозок грузов, пассажиров и багажа» [2]. Также к транспортной инфраструктуре принято относить стандартизированные объекты, располагаемые в непосредственной близости от транспортных коммуникаций: мотели, кафе, медицинские и санитарно-гигиенические пункты, автосервисы и топливозаправочные станции, магазины, автостоянки. В целях усиления интеграции рынков транспортно-логистических и дорожно-строительных услуг, применив системно-субъектный подход для конкретизации и определения объекта исследования, выделим автодорожную составляющую в составе транспортной инфраструктуры.

В качестве объекта исследования автодорожная инфраструктура представляет сложную технико-экономическую систему в состав которой входят автомобильные дороги, элементы их обстановки и обустройства, объекты придорожного облуживания, функционально обеспечивающие производственную деятельность, в том числе дорожную, и обслуживание сопутствующих движению потребностей пользователей автомобильными дорогами. Ее функционирование направлено на обеспечение движения транспортных потоков по автомобильным дорогам на основе взаимодействия организаций в целях эффективного функционирования дорожной, автотранспортной и других отраслей экономики. Чем более развита придорожная инфраструктура автомобильной дороги, тем больше возможностей к восстановлению трудового ресурса у участников дорожного движения, а также более эффективному использованию рабочего времени у пассажиров, находящихся в пути [3]. Отсюда целью развития придорожного сервиса является поддержание эффективности работы автотранспортного средства и удовлетворение потребностей передвигающихся в нем людей. Если первая часть цели подразумевает экономический эффект, то вторая часть затрагивает также социальную составляющую, в том числе создание определенной репутации как системы придорожного сервиса, так и страны.

Всё это позволяет рассматривать придорожный сервис как комплексную систему, которая представляет собой: с позиций функционального подхода – специально организованную сферу деятельности, направленную на удовлетворение потребностей длительное время находящегося в пути человека и его транспортного средства; с позиций системно-объектного подхода – динамическую, сложную, адаптируемую систему, которая включает в себя совокупность взаимосвязанных элементов, позволяющих максимально эффективно удовлетворять возникающие в пути следования потребности пользователей автомобильными дорогами.

Векторы современного развития сфер логистики, транспорта и туризма, направляемые современными тенденциями цифровизации экономики, предъявляют качественно новые требования к развитию автодорожной инфраструктуры в части не только наполнения территориального пространства, но и развития спектра предоставляемых услуг, а также повышения их качества.

В ходе исследования установлено, что комплекс услуг придорожного сервиса зависит от ряда обстоятельств: потребности в услуге, интенсивности движения по трассе, протяженности и состояния дороги, нормативов размещения объектов, удаленности от крупных городов, географической и культурно-исторической ценности региона. В практике международных исследований разработана модель оценки удельного веса факторов в целях выбора площадки для строительства автозаправочных станций (АЗС). Результаты расчетов показали, что такие характеристики, как интенсивность движения и состав транспортного потока, являются наиболее значимыми. Географическое положение занимает второе место и включает близость к городам и потребителям услуг. Фактор конкуренции представлен показателем количества АЗС на изучаемой территории.

По состоянию на 1 января 2021 года на республиканских автомобильных дорогах функционируют 473 автозаправочные станции, 57 гостиниц, 29 моек, 88 охраняемых стоянок, 1008 различных торговых объектов, 598 пунктов питания и 37 пунктов технического обслуживания. В результате реализации Генеральной схемы развития придорожного сервиса в Республике Беларусь предусмотрено увеличить состав объектов к концу 2025 года в количестве: АЗС – 17; моек – 11; охраняемых стоянок – 20; пунктов питания – 74; пунктов технического обслуживания – 21 [4]. Данное обстоятельство сопряжено с необходимостью модернизации законодательной базы, регулирующей деятельность в сфере транспортной инфраструктуры с учетом современных инструментов и подходов, в соответствии с потребностями экономики страны. Анализ сложившегося положения позволяет выделить ряд других актуальных проблем в функционировании системы придорожного сервиса, которые не позволяют обеспечить его эффективность на высоком уровне.

Как уже отмечалось, базовым элементом автодорожной инфраструктуры являются автомобильные дороги. Во многих развитых странах строится несколько параллельных дорог между крупнейшими транспортными развязками и создающими большой трафик населенными пунктами: бесплатные, имеющие ограничения по скорости транспортного потока и платные скоростные автомагистрали. В Германии со временем платные дороги окупаются концессионерами и передаются в пользование государству, становясь бесплатными без ограничения скорости. Одновременно со строительством автотрассы возводятся объекты оперативного предоставления дорожной помощи транспортным средствам (эвакуация, ремонт, топливная заправка), информационного обслуживания автотуристов; комплекса бытовых и сопроводительных услуг, которые соответствуют европейским стандартам качества. Согласно различным экспертным мнениям, развитие автодорожной инфраструктуры позволяет создать не только дополнительные рабочие места в сфере сервиса и туризма, но и повысить востребованность туристических услуг на 30−40 %.

Увеличение числа многофункциональных объектов сервиса является приоритетным направлением в развитии автодорожной инфраструктуры страны, поскольку такие объекты предлагают комплексное обслуживание участников дорожного движения, местных жителей и туристов. Элементный анализ действующей системы придорожного сервиса Республики Беларусь позволил определить доминирующие виды услуг: АЗС, розничная торговля и горячее питание. Услуги размещения, моек, охраняемых стоянок и станций технического обслуживания занимают не большую долю в придорожном сервисе, а на отдельных магистралях не представлены вовсе. Группа прочих услуг, таких как банковские, медицинские, бытовые, культурно-развлекательные, а также электрические заправочные станции, страхование, является перспективой диверсификации структуры придорожного обслуживания.

Список литературы

1 Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Беларусь : Закон Респ. Беларусь от 5 июля 2004 г. № 300-З : в ред. от 30 нояб. 2010 г. № 196-З // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2004. – № 109. – 2/1049.

2 О законопроектных предложениях по Основам таможенного законодательства ЕврАзЭС, Основам транспортного законодательства ЕврАзЭС, Основам законодательства ЕврАзЭС об энергетике : Приложение 2 к постановлению Межпарламентской Ассамблеи Евразийского экономического сообщества, 28 мая 2004 г., № 5–17 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2006. – № 24. – 1/7249.

3 **Царенкова, И. М.** Теоретическое обоснование необходимости модернизации автодорожной инфраструктуры // Горизонты экономики. – 2021. – № 4 (63). – С. 55–60.

4 Генеральная схема развития придорожного сервиса на республиканских автомобильных дорогах на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь. – Режим доступа : https://mintrans.gov.by/ru/activity-roadmanagement-pridorojniy-shema_serv-ru/. – Дата доступа : 07.09.2021.

УДК 330.34:625.7/.8

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА В УСЛОВИЯХ СМЕНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА

И. М. ЦАРЕНКОВА, В. И. ХУДЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В современном мире люди не задумываются о том, каким образом происходил научно-технический прогресс. За долгое время была произведена масса эволюционных открытий, результатом которых является настоящее время – время высоких технологий, разработки инноваций в разных сферах общества, применения новых материалов.

Многие ученые старались наглядно изобразить и показать, в какой последовательности развивался технологический прогресс. Йозеф Шумпетер считал, что развитие инноваций является прерывистым во времени. Отрезки времени, в которые происходит всплеск инноваций, Шумпетер назвал «кластерами» (пучками), за которым позже закрепился термин «волны инноваций» [1]. Дискретность научно-технических революций признавал также Саймон Кузнец (в рецензии 1940 года на книгу Шумпетера «Business Cycles»). В современной экономической теории широко распространено понятие «технологический уклад».

Впервые термин «технологический уклад» был предложен в 1986 году советскими экономистами Д. С. Львовым и С. Ю. Глазьевым в статье «Теоретические и прикладные аспекты управления НТП». Согласно определению С. Ю. Глазьева, технологический уклад представляет собой целостное и устойчивое образование, в рамках которого осуществляется замкнутый цикл, начинающийся с добычи и получения первичных ресурсов и заканчивающийся выпуском набора конечных продуктов, соответствующих типу общественного потребления [2]. Иными словами, технологический уклад – совокупность взаимосвязанных производств в рамках единого уровня, результатом которого является получение продукта, который соответствует заданному техническому уровню развития. Примером могут служить распределение доходов, организационный и управленческий методы, развитие технологий.

Считается, что в мире пройдено пять технологических укладов и в настоящее время происходит переход к шестому. Первый этап начинается с 1772 года – начало первой промышленной революции (создание Ричардом Аркрайтом прядильной машины). Второй технологический уклад берет свое начало в эпоху пара (с 1825 года). Это создание первых паровозов, а также строительство первой железной дороги (Стоктон – Дарлингтон). Третий технологический уклад начинается с эпохи стали, которая началась в 1875 году (Вторая промышленная революция). С 1908 года наступает четвертый этап – эпоха нефти, внедрение на предприятиях ленточного конвейера, который придумал Форд, а также начало выпуска автомобиля под его именем, который мог себе позволить средний класс населения. В конце XX века, а именно с 1971 года, в мире свое начало берет пятый технологический уклад – эпоха компьютеров и телекоммуникаций (также известная как «научно-техническая революция»). Это первое употребление названия «Кремниевая долина» [3], появление первого однокристального микропроцессора Intel 4004.

Пятый уклад опирается на достижения информатики, генной инженерии, новых видов материалов, спутниковой связи. Происходит переход от обособленных фирм к единой сети крупных и мелких компаний, соединенных электронной сетью на основе интернета, осуществляющих взаимодействия в развитии технологий, контроля качества продукции, планирования и внедрения различных инноваций.

Таким образом, в пятом технологическом укладе можно выделить следующие инновационные направления: информационно-коммуникационные технологии; биотехнологии; технологии в области микро- и радиоэлектроники; технологии в области роботостроения и приборостроения; технологии в области вычислительной, оптико-волоконной техники и офисного оборудования; технологии производства новых материалов с заданными свойствами; авиакосмические технологии; технологии в области атомной энергетики и возобновляемых источников энергии.

В шестом технологическом укладе, получившем своё развитие с 2004 года, ключевой фактор направления основан на новшестве использования энергоемкости и материалоемкости производства. Необходимо также добавить, что ядром служат: информационные технологии, наноэлектроника, наноматериалы и наноструктурированные покрытия, а также различного рода когнитивные науки. Таким образом, в шестом технологическом укладе можно выделить следующие инновационные направления: нанотехнологии; генно-инженерные технологии; технологии искусственного интеллекта.

В таких условиях становится очевидным, что развитие традиционных секторов экономики, к которым следует отнести и дорожное хозяйство, должно базироваться на синтезе внедрения инновационных технологий.

Инновационная деятельность в дорожном хозяйстве должна отвечать следующим требованиям:

– индивидуальный подход (выбор инноваций на основе анализа климатических, ресурсных, экономических и социальных факторов);

– широкий диапазон инновационной деятельности (проектные и строительные организации, испытательные лаборатории, осуществляющие надлежащий контроль, и др.);

– стандартизация (использование унифицированных подходов для внедрения и оценки инноваций);

– этапность (поэтапное внедрение от исследований в лаборатории, в том числе полевых испытаний, до широкого применения на автомобильных дорогах общего пользования);

– экономический эффект (любое решение о применении инновации должно основываться на оценке экономического эффекта).

В настоящее время в отрасли ведутся работы по созданию Центра управления движением с интеграцией его с существующей интеллектуальной транспортной системой (далее – ИТС) и информационными системами. Объединение и систематизация разрозненно действующих систем (элементов) ИТС на единой платформе позволят более рационально использовать ресурсы, оптимизировать затраты на содержание, а также предоставлять полную и качественную информацию всем пользователям.

Существующие аппаратно-программные информационные системы подлежат усовершенствованию. Повышается значимость методов формирования цифровых моделей автомобильных дорог на основе данных аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов. При этом обеспечиваются: высокая плотность облака съемочных точек, высокая производительность труда (аэрофотосъемка до 50 км дороги в сутки). Кроме того, выполняемая фотосъемка не препятствует движению транспортного потока по автомобильной дороге. Применение в этих целях технических и технологических возможностей беспилотных летательных аппаратов позволяет добиться высокого уровня детализации, что важно в процессе поддержки жизненного цикла автомобильных дорог.

Возможности, предоставляемые современными информационно-коммуникационными системами, создают предпосылки для развития нового подхода в проектировании – информационного моделирования сооружений. Параллельно с подготовкой или последовательным уточнением модели инженерных изысканий может выполняться проектирование объекта. Параллельная работа проектировщиков и изыскателей возможна за счет использования среды общих данных. В дальнейшем разнообразное программное обеспечение решает различные задачи на каждом этапе работ в рамках жизненного цикла сооружения. Таким образом, усиление инновационной активности в дорожном

хозяйстве позволит создать безопасную среду на автомобильных дорогах и улучшить их потребительские качества.

Список литературы

1 **Меньшиков, С. М.** Длинные волны в экономике: Когда общество меняет кожу / С. М. Меньшиков, Л. А. Клименко. – 2-е изд. – М. : ЛЕНАНД, 2014. – 288 с.

2 Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике / под ред. С. Ю. Глазьева и В. В. Харитонова. – М. : Тровант, 2009. – 304 с.

3 **Попова, Л. П.** Англо-русский словарь AbbyyLingvo / Л. П. Попова, Н. Р. Мокина, Г. В. Захарова. – М. : ABBYY Press, 2009. – 884 с.

УДК 624.21

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В КОНТЕКСТЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ВОЕННЫХ ЦЕЛЯХ

И. М. ЦАРЕНКОВА, Я. В. ШУТОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Надежная работа автомобильных дорог и транспортных сооружений являются залогом безопасности и обороноспособности страны. Бесперебойность транспортного сообщения выступает основным фактором быстрой передислокации мощностей оборонного комплекса. При этом следует учитывать существующее транспортно-эксплуатационное состояние действующей дорожной сети и влияние на него повышенных транспортных нагрузок от движения крупногабаритных и тяжеловесных транспортных средств.

На автомобильных дорогах оборонного значения расположено большое количество постоянных мостовых сооружений, которые в случае военных действий будут переведены в статус военных мостов. Выполненные исследования позволили установить, что в ходе операции противник может разрушить в полосе объединенного стратегического командования: до 100 % больших мостов (длиной свыше 100 м); 40–60 % средних мостов (длиной от 25 до 100 м); 15–20 % малых мостов (длиной менее 25 м) [1]. В такой ситуации возникнет необходимость возведения инженерными войсками нового военного моста взамен разрушенного. На период строительства организуется район переправ, который может включать временные мосты, которые базируются на жестких опорах, наплавные мосты, паромные переправы [2]. При восстановлении мостовых сооружений применяются местные строительные материалы, а также инвентарные конструкции для устройства табельных разборных либо низководных мостов.

По данным Государственной программы «Дороги Беларуси» на 2021–2025 годы, в составе сети автомобильных дорог общего пользования имеется 5 298 мостов и путепроводов общей протяженностью 187,0 тыс. пог. м [3]. Большинство из них – мосты капитального типа из металлических и железобетонных конструкций. Оценив протяженность каждого искусственного сооружения и его основные характеристики, можно прогнозировать, на основании представленных выше данных, масштабы разрушений, наносимых противником. В этих целях особое внимание следует уделить оценке степени надежности мостов капитального типа малой и средней протяженности, которые, вероятно, не будут разрушены противником в кратчайшие сроки. Такие сооружения, в первую очередь, будут использоваться для воинских и эвакуационных перевозок.

Различают понятия теоретической (нормативной), начальной (фактической) и эксплуатационной надежности технических объектов. Теоретическая надежность закладывается на стадии разработки проектной документации и выбора основных конструктивных и технических решений с учетом требований нормативной документации. Фактическая надежность определяется на стадии строительства при производстве строительно-монтажных работ. Ее уровень зависит от степени соблюдения всех проектных решений, технологических требований, квалификации работников, осуществляющих монтаж, выполняющих сварные швы, а также от качества материалов. Например, основной причиной образования трещин в главных балках являются, как правило, неудачные кон-

структивные решения, а образование трещин в опорах происходит из-за дефекта монтажа опорных частей – отклонения плоскости опорных частей от горизонтали.

Надежность мостового сооружения в настоящий момент времени определяется условиями его эксплуатации, режимом движения, транспортными нагрузками, соблюдением норм содержания, своевременностью ремонта. Очевидно, что на протяжении жизненного цикла в результате внешних воздействий, а также внутренних факторов эксплуатационная надежность транспортного сооружения снижается, накапливаются деформации, увеличиваются дефекты. Уровень эксплуатационной надежности во многих трудах отечественных и зарубежных ученых оценивается в небольшом диапазоне: 0,85–0,9 [4]. При этом обоснованию принятого значения не уделяется должного внимания, отсутствует корреляция между значениями для капитальных и временных сооружений.

В этой связи значительно повышается роль постоянных мостов на действующих автомобильных дорогах. При проектировании таких конструкций особое внимание следует уделять технико-эксплуатационным качествам как характеристикам надежности и работоспособности моста в комплексе с автомобильной дорогой. Особо значимыми характеристиками являются прочность дорожной одежды, ровность и сцепные качества дорожного покрытия, устойчивость опор. Вопросы усиления и переустройства существующих мостов являются особенно актуальными. Из-за возрастания потребности в перевозках и увеличения расчетной нагрузки очень важны обеспечиваемая допустимая скорость колонного движения и срок службы, а также грузоподъемность мостов и связанное с этим увеличение несущей способности дорожных покрытий.

Срок службы дорожной одежды может составлять около 20 лет, но в связи с тем, что при устройстве дорожной одежды на железобетонную или ортотропную плиту проезжей части моста применяют технологию строительства дорожной одежды, как на традиционном грунтовом основании, не обращая внимания на значительные отличия в жесткостных характеристиках данных оснований, ремонт приходится производить через каждые 3–5 лет [5]. Обычно после первого года эксплуатации моста в дорожной одежде появляются продольные трещины. На мосту дорожная одежда укладывается на плиту проезжей части, которая воспринимает нагрузки от движущегося транспорта, а значит, и деформируется между главными балками пролетного строения. Результата в виде срока службы 15–20 лет можно достичь за счет проектирования новых составов асфальтобетонной смеси. При проектировании учитываются перепады температуры в условиях эксплуатации (максимальная и минимальная), динамические напряжения, возникающие в асфальтобетоне, его упругость и пластические свойства. Для таких дорожных одежд принимаются особенные режимы эксплуатации и требования к уровню их содержания.

На цельнометаллических мостах дорожная одежда укладывается на ортотропную плиту, которая деформируется под действием колесной нагрузки и оказывает влияние на работу дорожной одежды. Вследствие большей гибкости ортотропной плиты проезжей части по сравнению с железобетонной плитой верхний слой покрытия ездового полотна должен допускать большие перемещения без растрескивания.

Применение литого асфальтобетона позволяет уменьшить риск возникновения трещин вследствие его хорошей работы на растяжение при изгибе. Предел прочности на растяжение литого асфальтобетона составляет 5,6 МПа, плотного – от 0,8 до 1,5 МПа. Таким образом, имеется возможность уменьшить толщину дорожной одежды до 70–80 мм, тогда как при использовании плотного асфальтобетона толщина дорожной одежды должна составлять 80–110 мм. Но, учитывая его низкие сцепные свойства, он в основном находит свое применение в нижнем слое дорожной одежды. Применение щебеночно-мастичного асфальтобетона совместно с литым позволяет получить конструкцию дорожной одежды со слоями одинаковой деформативности, что достигается использованием в основе обоих слоев одного и того же полимербитумного материала. Различные пролеты мостовых сооружений в зависимости от прилагаемой нагрузки могут иметь различную дорожную одежду на одном мостовом переходе.

Список литературы

1 **Целыковских, А. А.** Проблема оценки надежности мостов на военно-автомобильных дорогах / А. А. Целыковских, В. Н. Мячин, А. А. Белый // Вопросы оборонной техники. – 2021. – № 1. – С. 12–17.

2 **Фалеев, М. И.** Некоторые особенности боевых действий в вооруженных конфликтах последнего времени и модернизация гражданской обороны / М. И. Фалеев, Э. Я. Богатырев, В. П. Малышев // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – М., 2018. – Т. 8. – № 1 (14). – С. 41–52.

3 О Государственной программе «Дороги Беларуси» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Сов. Мин. Респ. Беларусь, 8 апр. 2021 г., № 212 // Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа : https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100212. – Дата доступа : 07.09.2021.

4 **Топоров, А. В.** Метод обоснования рациональной конфигурации подсистемы транспортного обеспечения в интересах группировки войск (сил) / А. В. Топоров, В. И. Бабенков, Д. Ю. Богданов // Известия российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2019. – № 4 (109). – С. 33–40.

5 **Овчинников, И. Г.** Дорожная одежда на мостовых сооружениях: отечественный и зарубежный опыт / И. Г. Овчинников, И. И. Овчинников // Науковедение: интернет-журнал. – 2014. – № 5.

УДК 625.8

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗЕНИТНОЙ АРТИЛЛЕРИИ И ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

В. В. ЦЫБУЛЬКО
Военная академия Республики Беларусь, г. Минск

Великая Отечественная война, а в последующем и локальные войны и конфликты внесли много нового в разработку вопросов организации и ведения боевых действий частей войск противовоздушной обороны (ПВО) при прикрытии от ударов авиации противника железнодорожных коммуникаций. Первые годы Второй мировой войны со всей очевидностью продемонстрировали беззащитность железнодорожных узлов, коммуникаций и перевозок по ним от прицельных бомбово-штурмовых ударов авиации. Приоритетной целью для авиации железнодорожная инфраструктура была потому, что в основном по ней осуществлялось снабжение воюющих армий вооружением, боеприпасами, резервами и горючим. Всего в ходе войны по ее элементам было совершено 19863 налета авиации противника, в которых участвовало около 60000 самолетов. Ими было сброшено свыше 243000 фугасных, осколочных и более 120000 зажигательных бомб. Всего в ходе войны на территории СССР было разрушено 65000 км железнодорожного пути, 13000 мостов, 317 паровозных депо, 15800 паровозов и мотовозов, 4100 железнодорожных станций и много других сооружений. В этих условиях создание надежной ПВО железнодорожных узлов и коммуникаций от налетов немецко-фашистской авиации было задачей огромной важности, от решения которой в значительной степени зависел успех всей войны в целом.

Для защиты линий, узлов, мостов, туннелей, распорядительных станций фронта и станций снабжения, районов погрузки и выгрузки войск, других важных железнодорожных объектов действовала широкая сеть противовоздушной обороны, имевшая в своем составе зенитные средства (артиллерию, пулеметы, зенитные бронепоезда), истребительную авиацию (ИА), а для прикрытия воинских поездов в пути – зенитно-пулеметные взводы (ЗПВ), а позже зенитно-пулеметно-пушечные взводы (ЗППВ). За годы войны ЗПВ и ЗППВ сопроводили на фронт 120257 воинских поездов, отразили 5852 атаки вражеской авиации, сбили 132 самолета противника [1].

Для мобильности в обеспечении прикрытия пунктов погрузки и разгрузки, промежуточных станций, разъездов, мостов, а также мест скопления эшелонов создавались и использовались маневренные группы зенитной артиллерии, которые имели высокую эффективность.

Сложная обстановка также требовала принятия необходимых мер по обеспечению ПВО воинских эшелонов и поездов в пути следования. Для обороны эшелонов на маршруте следования от воздушных ударов командование ПВО организовывало зенитно-артиллерийские группы сопровождения (группы ПВО). Каждая из них располагалась на 2–4 железнодорожных платформах, которые несли одно орудие МЗА и пулемет. Платформы включались в железнодорожный состав в двух-трех местах (в голове, в середине и в хвосте состава) [2].

Опыт показал, что разнородность применяемых сил и средств, их недостаточность, конечно же, создавала определенные проблемы в организации ПВО железнодорожных транспортных коммуникаций. Всё это свидетельствует о том, что в современных условиях необходимо иметь, что-то большее, чем то, что применялось в годы Великой Отечественной войны и локальных войнах, и конфликтах последних десятилетий. И делая определенный вывод, стоит отметить, что на настоящем этапе необходима разработка требований к специализированному противовоздушному ком-

плексу защиты поездов и протяженных участков, железных дорог, и железнодорожной инфраструктуре в целом. Всё это позволит, а также имевшие место проблемные вопросы в организации ПВО в годы Великой Отечественной войны, учитывая современное состояние средств воздушного нападения (СВН) и их средств поражения, создать надежную ПВО железнодорожных транспортных коммуникаций и воинских эшелонов.

Такие требования в какой-то степени рассматривались и были обозначены в ряде государств, в том числе и в Российской Федерации. Комплекс должен быть эффективным при отражении ударов с различных направлений высокоточными средствами поражения (ВТСП). Помимо огневых средств (ЗРК, ЗПРК, ЗАК) комплекс должен быть оснащен комплектом средств радиоэлектронного подавления – активных и пассивных в радио- и оптическом диапазонах. Задачей огневых средств должно является уничтожение ВТСП и их носителей, а радиоэлектронных средств подавления – срыв высокоточного наведения ВТСП. Чтобы четко ответить на вопрос, каким должен быть железнодорожный комплекс ПВО, нужно рассматривать реализацию его в двух вариантах: первый для прикрытия крупных железнодорожных узлов, которые чаще всего совпадают с административными и промышленными центрами, а второй – для прикрытия воинских эшелонов в пути следования и не только, а также протяженных участков железной дороги.

Первый вариант – объектовый – будет предназначен для комплексной защиты крупных узлов и объектов железнодорожной сферы как вариант, разработанный на базе одной из модификаций ЗРС С-300 и с размещением на четырехосной платформе. Стандартная платформа обладает грузоподъемностью 62 тонны, вполне способна вместить и обеспечить развертывание и штатных средств разведки. Пусковые комплексы необходимо будет подвергнуть доработке так, чтобы пусковые контейнеры обеспечивали пуск ракет с любой стороны от платформы. Курсирование такого комплекса вокруг обороняемого объекта с целью смены позиции должно осуществляться так же, как и любого другого мобильного варианта, без ограничений.

Второй вариант – подвижный (магистральный) – требует, конечно же, более серьезной проработки. Это должен быть железнодорожный комплекс ПВО сопровождения поездов, способный вести осуществлять прикрытие от высокоточных ударов противника железнодорожных составов, передвигаться в любых направлениях как самостоятельно, так и в составе эшелонов. Его система разведки должна использовать безопасные оптический и миллиметровый диапазоны волн. Для обеспечения дальнего предупреждения о появлении противника в составе комплекса целесообразно иметь миниатюрные беспилотные вертолеты, способные барражировать на некотором удалении от движущегося поезда с аппаратурой разведки и корректировки огня. Система огневого поражения комплекса должна быть способна вести огонь зенитными управляемыми ракетами во время движения поезда на неэлектрифицированных участках. На электрифицированных участках огонь должен вестись после остановки комплекса. Опыт последних локальных войн показывает, что рассматриваемый комплекс должен включать все возможные средства электронного прикрытия – пассивные и активные. Тактика применения железнодорожного комплекса ПВО сопровождения поездов должна разрабатываться применительно к различным вариантам сопровождения эшелона. Следует четко понимать, что без специализированных средств ПВО в будущей войне железнодорожное сообщение может быть парализовано ударами ВТСП на протяженных участках на много часов, а то и суток.

Локальные войны последних десятилетий наглядно подтверждают, что приоритетной целью воздушных ударов останутся в будущем, во-первых, элементы системы ПВО, а во-вторых, узлы и сети дорожных коммуникаций. Нейтрализация системы ПВО гарантирует свободу действий авиации, без поддержки которой не мыслим ныне успех наземных и морских сил нападающей стороны. Блокирование коммуникаций сковывает маневр, ограничивает свободу передвижения обороняющейся стороны, не позволяя в полной мере раскрыть все возможности развернутых мобильных сил и средств. В пользу этого суждения свидетельствует тактика «гуманизации» воздушных ударов, отказ от терроризирующих бомбардировок гражданских объектов, нанесение исключительно высокоизбирательных ударов по объектам оборонной сферы, продемонстрированные странами НАТО в Югославии и Ираке. Так, в первый период вооруженного конфликта на территории Югославии силами объединенной группировки авиации стран НАТО было разрушено 100 процентов больших и средних железнодорожных мостов. Поэтому есть все основания полагать, что оборона железнодорожной сети в будущей войне окажется приоритетной задачей ПВО. Для государств СНГ, стремящихся к развитию единого экономического пространства, основным видом транспорта является железнодорожный. Поэтому проблема надежного противовоздушного прикрытия железнодорож-

ной инфраструктуры для государств, входящих в объединённую систему ПВО, останется актуальной еще очень долго. А в случае развертывания войск, эвакуации объектов промышленности, а также доставки военных грузов (тех же мобильных комплексов С-300, для усиления ПВО на угрожаемом направлении) между пунктами погрузки и выгрузки безопасных маршрутов теперь, вероятнее всего, не будет. Это объясняется тем, что, во-первых, дальность полета ударных СВН значительно возросла и намного превышает параметры зон поражения ЗПРК, ЗРК, используемых для прикрытия воинских поездов; во-вторых, ВТСП способны избирательно поражать конкретный вагон, платформу с важным грузом, что сделает доставку грузов еще более проблематичной [3].

Список литературы

1 **Яшин, С. В.** Противовоздушная оборона железных дорог в годы Великой Отечественной войны [Электронный ресурс] // СЦБИСТ. Сайт железнодорожников № 1. – Режим доступа : http://scbist.com/xx1/17184-04-2010-protivo vozdushnaya-oborona-zheleznyh-dorog. – Дата доступа : 01.09.2021.

2 Военное обозрение Противовоздушная оборона железнодорожных коммуникаций в 1941–1943 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://topwar.ru/100485-protivovozdushnaya-oborona-zheleznodorozhnyh-kommunikaciy-v-1941-1943-gg.html. – Дата доступа – 01.09.2021.

3 **Демидюк, Е. В.** Воздушно-космическая оборона. Зенитные бронепоезда / Е. В. Демидюк [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.vko.ru/biblioteka/zenitnye-bronepoezda. – Дата доступа : 01.09.2021.

УДК 625.111:528.48

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПАСПОРТИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

П. Ю. ЭТИН, П. В. ЖДАНОВИЧ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Инженерно-геодезические изыскания – это комплекс исследовательских работ, проводимый с целью изучения территории и получения материалов для использования их в проектно-строительных целях, а также при эксплуатации сооружений.

К основным видам инженерно-геодезических изысканий относятся:

– топографические изыскания: планово-высотная съемка участка в прямоугольной системе координат и Балтийской или условной системе высот без нанесения подземных коммуникаций;

– инженерно-топографические изыскания: планово-высотная съемка участка в прямоугольной системе координат и Балтийской или условной системе высот с нанесением подземных коммуникаций;

– линейная съемка: планово-высотная съемка геометрии железнодорожных путей с пикетажной привязкой попадающих в полосу съемки сооружений, устройств (масштабный план для ТРА станции, проверка продольных профилей станционных путей, паспортизация железнодорожных путей необщего пользования);

– топографические изыскания существующих линейных сооружений: планово-высотная съемка участка с железнодорожными путями в прямоугольной системе координат, Балтийской или условной системе высот с определением параметров путей и пикетажной привязкой попадающих в полосу съемки сооружений, устройств и объектов местности (ситуации) без нанесения подземных коммуникаций (масштабный план перегонов, раздельных пунктов);

– инженерно-топографические изыскания существующих линейных сооружений: планово-высотная съемка участка с железнодорожными путями в прямоугольной системе координат, Балтийской или условной системе высот с определением параметров путей и пикетажной привязкой попадающих в полосу съемки сооружений, устройств и объектов местности (ситуации) с нанесением подземных коммуникаций (масштабный план перегонов, раздельных пунктов).

Организация работ по инструментальной проверке плана и профиля железнодорожных путей, изготовлению соответствующей технической документации, а также составлению масштабных и схематических планов железнодорожных станций осуществляется соответственно владельцем инфраструктуры, владельцем железнодорожных путей необщего пользования.

На каждый железнодорожный путь необщего пользования должны быть его план, продольный профиль, технический паспорт, чертежи искусственных сооружений, инструкция по обслуживанию и организации движения, порядок разработки которых устанавливается правилами перевозок грузов.

Продольные профили сортировочных горок, подгорочных и профилированных вытяжных железнодорожных путей на сортировочных, участковых, промежуточных и грузовых железнодорожных станциях, железнодорожных путей для скатывания вагонов с вагоноопрокидывателей проверяются не реже одного раза в три года, на остальном протяжении станционных железнодорожных путей всех железнодорожных станций и путей необщего пользования профиль проверяется не реже одного раза в десять лет.

В настоящее время для проведения инженерно-геодезических изысканий при паспортизации железнодорожных путей необщего пользования применяется следующее оборудование: нивелир, теодолит, тахеометр, спутниковые GPS-системы, беспилотные летательные аппараты.

Нивелир – служит для проведения высотной съёмки. Прибор обеспечивает высокую точность работ. Для выполнения изыскательских работ нивелиром в Балтийской системе необходимо наличие исходных реперов с известными отметками. Для линейных измерений при проведении нивелирных работ и пикетажной разбивки железнодорожных путей применяются дополнительные инструменты, такие как мерная лента или курвиметр.

Целесообразность применения курвиметра с нивелиром возможна при корректировке уже имеющейся геодезической съёмки на небольших участках, так как эти приборы позволяют быстро привязаться к местным условиям и получить необходимые данные.

Теодолит – служит для проведения полноценной планово-высотной съёмки с достаточно высокой точностью. Работа с теодолитом весьма трудоёмка и продолжительна из-за ведения полевых журналов и объёмных камеральных работ по обработке данных. Применение теодолитной съёмки в настоящий момент практически нецелесообразно.

Тахеометр – позволяет выполнять планово-высотную съёмку в короткие сроки и с высокой точностью. Данные полевых измерений в цифровом виде передаются на компьютер для дальнейшей обработки. При геодезических изысканиях железнодорожных путей тахеометр имеет ряд неоспоримых достоинств по сравнению с другими приборами и устройствами: съёмка в сооружениях (депо, цеха, склады, и др.); съёмка под вагонами; высокий температурный диапазон работ; работа на больших расстояниях; работа в «безотражательном» режиме; отсутствие влияния помех от движущегося транспорта и негустой растительности.

В настоящее время тахеометрическая съёмка при паспортизации железнодорожных путей является наиболее актуальной, а применение в комплексе со спутниковыми GPS-системами выводит её на самые передовые позиции.

Спутниковые GPS-системы – имеют ряд достоинств по сравнению с другими технологиями: высокий темп и производительность работ; возможность производства работ одним человеком; высокая точность измерений в различных системах координат.

Однако отдельное применение спутниковых систем при геодезических изысканиях железнодорожных путей имеет ряд ограничений: наличие вагонов на путях; невозможность ведения работ внутри сооружений; наличие линий электропередач в зоне работ и других помех; отсутствие спутников в зоне ведения работ и пр.

Совместная работа спутникового оборудования и тахеометра исключает вышеперечисленные ограничения. При этом с помощью спутникового оборудования целесообразно создавать съёмочное обоснование, а съёмку непосредственно выполнять тахеометром. При наличии благоприятных условий съёмку также можно выполнять и спутниковыми GPS-приёмниками, что ещё больше повышает производительность труда по сравнению с тахеометрической съёмкой.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) – позволяют получать фотографические планы местности, которые могут служить основой для создания плана железнодорожных путей. Ввиду развития и доступности технология с использованием БПЛА в последнее время приобретает большую популярность и является весьма перспективной. Для обеспечения высокой точности работ, БПЛА должны перемещаться на малых высотах, что не всегда возможно при инженерно-геодезических изысканиях железнодорожных путей. Работы с использованием БПЛА выполняются в комплексе со спутниковыми системами и тахеометрами.

При проведении инженерно-геодезических изысканий специалисты часто сталкиваются с рядом сложностей. Часто железнодорожные пути невозможно оперативно освободить от выставленных вагонов. Причинами могут служить отсутствие выставочного пути и маневрового локомотива у владельца железнодорожного пути, непрерывность технологического процесса и пр. В данной ситуации целесообразно использовать при планово-высотной съёмке тахеометрическое оборудование с коротким отражателем. Выполнять планово-высотную съёмку желательно по оси железнодорожного пути, что технически невозможно. Линейные измерения выполняются, как правило, по правой рельсовой нити относительно пикетажа пути. Однако за счет устройства кривых в пути длина правой и левой рельсовых нитей будут отличаться друг от друга, в результате чего длина пути является разной. Для исключения данной проблемы требуется разработка дополнительного шаблона. Иногда инженерно-геодезические изыскания выполняются на объектах, удаленных от пунктов государственной геодезической сети. Для работы в Балтийской системе требуется прокладывание протяженного нивелирного хода. В последнее время благодаря развитию космической геодезии появилась возможность определять координаты и высоты исходных пунктов по наблюдениям искусственных спутников Земли так называемым GPS-методом. GPS (Global Positioning System) в переводе с английского – система глобального позиционирования. Имеет параллельное название – NAVSTAR (NAVigation Satellite Timing And Ranging).

Перспективой развития инженерно-геодезических изысканий при проведении паспортизации железнодорожных путей является переход на BIM-технологии с разработкой информационной модели сооружения, к которой имеют доступ все заинтересованные лица.

УДК 629.45:656.212.5

СПОСОБ КОНТРОЛЯ ПРОСТРАНСТВА ВНУТРИ ВАГОНА ДЛЯ ОСМОТРА ВАГОНОВ НА СТАНЦИЯХ ОБОРОТА МЕТРО

А. А. ЮДИН
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Российская Федерация

Компьютерное зрение и искусственный интеллект – одни из самых востребованных направлений в современном мире информационных технологий [1]. В свою очередь видеоаналитика на базе искусственного интеллекта (ИИ) – одна из самых обсуждаемых тем в индустрии охранного видеонаблюдения. Некоторые приложения могут существенно ускорять анализ данных и автоматизировать повторяющиеся задачи [2].

В современном мире, который двигается по направлению к максимальной автоматизации технологических процессов, актуальной становится задача использования современных средств видеоаналитики для анализа пространства внутри вагона метро.

В данной работе описана система распознавания людей и предметов для осуществления осмотра вагонов состава поезда в метрополитене на станциях оборота. В настоящее время осмотр осуществляется с помощью сотрудников метрополитена. Отличаться система будет максимальной автоматизацией процесса осмотра.

Целью данной системы является обнаружение потенциально опасных предметов и не вышедших из вагона людей. Система построена на базе камер видеонаблюдения. Для анализа и принятия решения о состоянии внутривагонного пространства камеры дополнены технологиями компьютерного зрения, искусственного интеллекта и машинного обучения.

Сейчас для осмотра состава на станции оборота задействовано 5 человек. Два машиниста осматривают головной и хвостовой вагоны, другие работники осматривают оставшиеся вагоны. Время, предусмотренное технологией осмотра, составляет 30 секунд. При этом фактически осматривающие не могут визуально полностью охватить всё пространство вагона.

При постоянно растущем населении агломераций и городов-спутников возникает вероятность большей нагрузки на такую транспортную систему, как метрополитен. Это создает условие для увеличения пассажиропотока, что, как следствие, приведет к увеличению интенсивности движения поездов. И ввиду особенностей организации путевого и полотна и тоннелей увеличение интенсив-

ности движения поездов за счет увеличения скорости не представляется возможным. Отсюда можно сделать логичный вывод, что интервал между поездами можно уменьшить за счет сокращения сроков проведения таких мероприятий, как стоянка поезда, осмотр состава на станции оборота и сам оборот состава.

Осмотр состава можно проводить автоматически с использованием передовых технологий компьютерного зрения, искусственного интеллекта и машинного обучения. Для этого необходимо оборудовать вагоны средствами видеонаблюдения так, чтобы углы обзора покрывали всё внутривагонное пространство. Ввиду конструкционных особенностей вагонов различных серий количество камер будет отличаться.

Для анализа состояния пространства внутри вагона предполагается использование технологий семейства R-CNN или YOLO [3]. Данные технологии позволяют проанализировать видеопоток в течение пары секунд и определить, что именно на изображении, основываясь на предопределенных классах. Далее на основе анализа искусственный интеллект принимает решение о пустоте или наличии чего-либо во внутривагонном пространстве.

В случае с определением пустого пространства система будет подавать разрешающий сигнал на пульт дистанционного управления дверями станции со световой сигнализацией, имеющей красный и зелёный огни. Сигнал «Открыть двери станции и поезда» подаётся красным огнём сигнальной лампы пульта с одновременным включением сирены (рисунок 1). При красном огне сигнальной лампы машинист обязан немедленно открыть двери станции и поезда. Сигнал «Закрыть двери поезда и станции» подаётся зелёным огнём сигнальной лампы пульта (рисунок 2). При зелёном огне сигнальной лампы машинисту разрешается закрыть двери поезда и станции [4].

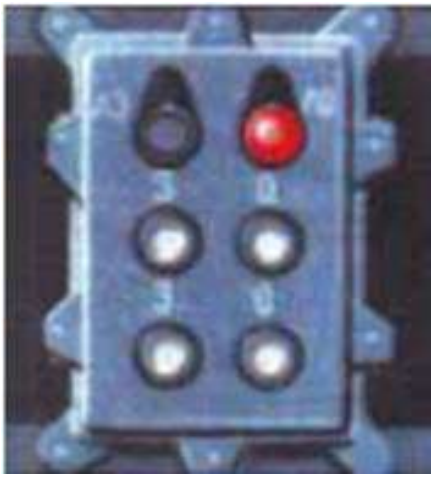


Рисунок 1

Рисунок 2

В случае, когда система обнаружит предмет либо человека, не вышедшего из вагона, будет транслироваться изображение с определенных камер на монитор работника метрополитена с сообщением о классе обнаруженного предмета для подтверждения класса.

Благодаря разработке и внедрению системы, во-первых, сократится время для осмотра состава и, как следствие, появится возможность для увеличения интенсивности следования поездов на ветке. Во-вторых, сократится количество задействованных в процессе осмотра сотрудников.

Список литературы

1 **Постолит, А. В.** Перспективы применения искусственного интеллекта и компьютерного зрения в транспортных системах и подключенных автомобилях / А. В. Постолит. – М. : Мир транспорта, 2021. – 74 с.

2 Технический обзор. Видеоаналитика и искусственный интеллект / Axis communications. – М. : 2021. – 3 с.

3 **Brownlee, A.** Gentle Introduction to Object Recognition With Deep Learning / J. Brownlee [Electronic resource]. – Mode of access : https://machinelearningmastery.com/object-recognition-with-deep-learning/. – Date of access : 01.10.2021.

4 Инструкция по сигнализации на метрополитенах Российской Федерации. – М. : ТА Инжиниринг, 2003. – 30 с.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Кулаженко Ю. И. Приветствие участникам конференции 3

1 БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Аксёнчиков А. А. Станция передачи вагонов – важный элемент в безопасности транспортных систем 4
Белянко В. П., Козлов В. Г., Терещенко О. А., Леинова Ю. О. Подходы к унификации классификационных признаков и состояния объектов инфраструктуры железнодорожных станций для оптимизации процесса их идентификации в информационных системах Белорусской железной дороги 6
Борейко С. А. Автоматизация закрепления составов 8
Бурак В. Е. Объекты профессиональной деятельности одновременного наблюдения в специальной оценке условий труда 9
Ерофеев А. А., Бородин А. Ф. Принципы формирования управляющих решений в интеллектуальной системе управления перевозочным процессом 11
Ерофеев А. А., Терещенко О. А., Бречко П. И. Актуальные проблемы обеспечения транспортной безопасности в Республике Беларусь 14
Головнич А. К., Новиков С. П. Математическая модель и визуализация процесса интервального скатывания объектов с разноупругой поверхности имитации сортировочной горки 15
Дубина Ю. В., Кузнецов В. Г., Литвинова И. М., Килочицкая М. А. Сравнительный анализ гармонизации основных положений законодательства на железнодорожном транспорте с государствами-партнерами 16
Zavaley M. K., Rotgon I. F., Lokshina Yu. E. Human factor in air transport safety 18
Зенкевич А. Г. Психологическое сопровождение деятельности работника в обеспечении безопасности на железнодорожном транспорте 20
Капский Д. В., Богданович С. В. Устойчивая логистика умных симбиотических городов 22
Капский Д. В., Богданович С. В., Буртыль Ю. В. Определение подходов к анализу чувствительности транспортной отрасли к изменениям климата 24
Карташова С. С., Белова М. А. Транспортные несчастные случаи в Украине: стандартизованные показатели и относительный риск смертности 26
Климов А. А. Влияние конструктивных параметров сортировочной горки на безопасность переработки вагонопотоков в современных условиях 28
Козлов В. Г. Повышение эффективности маршрутизации перевозок грузов на основе динамической модели расчета параметров и оценки корреспонденций вагонопотока 30
Кузнецов В. Г., Ерофеев А. А., Литвинова И. М., Килочицкая М. А. Гармонизация понятий в законодательстве в области железнодорожного транспорта 32
Кузнецов В. Г., Млявая О. В. Совершенствование контроля состояния поездной работы для обеспечения безопасности транспортной системы 35
Кулаженко Ю. И., Кузнецов В. Г., Литвинова И. М., Килочицкая М. А. Регулирование обеспечения безопасности в законе Республики Беларусь «О железнодорожном транспорте» 37
Кулаженко Ю. И., Фёдоров Е. А., Аксёнова А. Д., Страдомская А. А. Актуальные направления совершенствования охраны труда и промышленной безопасности на объектах Белорусской железной дороги 40
Мельник Т. С., Христофор О. В. Управление рисками в области охраны труда и техники безопасности в рамках корпоративного риск-менеджмента АО «Укрзализныця» 42
Мищенко Е. А. К вопросу надежности доставки грузов железнодорожным транспортом 45
Невзорова А. Б., Скирковский С. В., Невзоров В. В. Влияние лицевых масок на изменение психоэмоционального состояния водителя при управлении автотранспортным средством 46
Негрей В. Я., Пожидаев С. А. Логико-вероятностный метод в оценке безопасности транспортных систем . 48
Негрей В. Я., Пожидаев С. А., Чаевский В. П. Совершенствование подходов к оценке безопасности сортировочных процессов при нахождении подвижного состава в парках сортировочных станций 49
Переплавченко Е. М. Топологическая эквивалентность масштабного плана и немасштабной схемы станции 51
Петренко В., Жевжиков П. Исследование динамики мостового крана с использованием мультивариантных расчетов 53
Посудневский С. С., Страдомский М. Ю., Лодня В. А. Новый дизайн-код визуальных форм предоставления информации об опасности для предупреждения случаев травмирования граждан на железнодорожном транспорте 55
Rotgon I. F., Lokshina Yu. E., Antonenko S. B. Problems of transport safety in the Republic of Belarus 57
Скирковский С. В., Капский Д. В. Современные методы и технические средства фиксации дорожной обстановки, транспортных средств и иных объектов на месте ДТП 58

Страдомский М. Ю. Риски нарушения безопасности движения на железнодорожной станции и роль цифровых систем нарушения в их снижении 60
Сыцко В. Е. Импортозамещение как основа экономической безопасности 63
Tereshchenko O. A. Information support for operational management technology of railway local work 64
Фёдоров Е. А., Терещенко О. А., Страдомская А. А., Лавицкий В. В. Оценка устойчивости системы эксплуатации локомотивов к изменениям структуры и размеров грузопотока на железнодорожном полигоне 65
Фёдоров Е. А., Лисогурский О. Н., Макриденко А. Б., Гедрис К. И. Идентификация рисков эксплуатационной работы железнодорожной станции с использованием процессного подхода 67
Филатов Е. А. Требования к проектированию стрелочных горловин улучшенных эксплуатационных качеств 69
Филипкова А. В. Автоматизация и интеллектуальное управление в системе организации движения поездов .. 71
Халмухамедов А. С. Опыт использования передвижного поста весогабаритного контроля транспортных средств в Республике Узбекистан 74
Шатило С. Н., Дорошко С. В. Основные направления профилактики травматизма на объектах Белорусской железной дороги 76
Шкрыль А. Ю. Государственное регулирование обеспечения вагонным парком грузовой базы субъектов хозяйствования Республики Беларусь 78
Юницкий А. Э., Артюшевский С. В., Куринская Г. А. Вихретоковое торможение в системе безопасности транспортных комплексов 80
Юницкий А. Э., Сорокин Ю. А. Реализация CBTC функций определения местоположения в uST транспортных системах 83

2 БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Абдуллаев Б. А., Иноятов К. Х., Хайдаров О. У. Методика проведения экспериментальных исследований для определения коэффициентов теплопередачи ограждения кузовов рефрижераторных вагонов и контейнеров 85
Ананьева О. С. Повышение надежности электроснабжения рельсового транспорта 87
Бурченков В. В., Шантур В. Д. Цифровые источники информации для роботизации технического обслуживания грузовых вагонов 89
Васильев С. М. Проблематика перевозок сверхнормативных и негабаритных грузов 91
Васильев С. М., Пищик А. В. Особенности работы узла пятник – подпятник в вагонах-платформах для перевозки крупнотоннажных контейнеров 93
Волошин Д. И. Особенности обеспечения надежности современных конструкций буксовых узлов 95
Гизатуллина В. Г., Разон В. Ф., Воробей О. В. Разработка методики для расчета показателей и коэффициентов производительности труда на предприятиях вагонного хозяйства 97
Гизатуллина В. Г., Разон В. Ф., Кальницкий А. Н. Анализ трудоемкости ремонта грузовых вагонов в депо Белорусской железной дороги 98
Горева А. П., Холодилов О. В. Применение цифровых технологий при радиационном контроле литых деталей подвижного состава 100
Грищенко А. В., Киселёв И. Г., Курилкин Д. Н., Шрайбер М. А. Эффективность охлаждения силовых полупроводниковых приборов тепловозов 102
Довгяло В. А., Моисеенко В. Л., Пупачёв Д. С., Максимчик К. В. Разработка конструкторской документации для шпалоуборочного комплекса 106
Инагамов С. Г. Совершенствование рычажной передачи для потележечной тормозной системы грузового вагона 109
Комиссаров В. В., Скороходов С. А., Пацукевич В. С., Афанаськов П. М., Путято А. В. Экспериментальная оценка напряженного состояния кузова вагона-самосвала модели 31-656 110
Комиссаров В. В., Таранова Е. С. Классический закон трения и его модификация применительно к системе колесо/рельс 112
Коновалов Е. Н., Пастухов М. И., Чернин Р. И., Белогуб В. В., Белогуб Н. В. Оценка напряженно-деформированного состояния кузова вагона-самосвала, выработавшего нормативный срок службы 115
Кузнецова М. Г., Шимановский А. О. Подходы к математическому моделированию динамики автоцистерн для предварительной оценки их устойчивости и управляемости 117
Кулаженко Ю. И., Кебиков А. А., Зайчик В. С. Изменения в процедурах по подтверждению соответствия требованиям безопасности железнодорожного подвижного состава и инфраструктуры 119
Леоненко Е. Г. Выявление причин сходов подвижного состава 121
Моисеенко В. Л., Максимчик К. В., Пупачёв Д. С. Щебнеочистительная машина РМ-80. Разработка норм расхода эксплуатационных материалов 123

Огородников Л. В., Брильков Г. Е., Пытлев С. М. Анализ неисправностей дизель-поездов серии ДР1 и подготовка для оценки напряженно-деформированного состояния несущих металлоконструкций 125
Отока А. Г., Лях А. М., Холодилов О. В. Автоматизация магнитопорошкового контроля при текущем и среднем ремонте колесных пар 128
Панченко С. В., Фомин А. В., Ватуля Г. Л., Ловская А. А., Рыбин А. В. Исследование продольной нагруженности вагона-платформы с наполнителем в несущей конструкции 130
Панченко С. В., Фомин А. В., Ватуля Г. Л., Ловская А. А., Рыбин А. В. Определение нагруженности полувагонов с сотовыми податливыми элементами при наднормированных режимах паромных перевозок .. 131
Пигунов А. В., Пигунов В. В., Дашук П. А. Европейские конструкции съемных кузовов 133
Пигунов А. В., Пигунов В. В., Дашук П. А. Облегченная конструкция универсальной платформы 135
Пигунов А. В., Чернин И. Л., Пигунов В. В., Дашук П. А. Повышение надежности универсального сливного прибора 136
Попов А. Н., Дмитерко И. Л. Разработка составного катода для формирования покрытий алюмонитрида титана на однопушечных дуговых установках 138
Путято А. В., Володько А. М. Разработка комплекса мероприятий по дооснащению электровоза серии БКГ для использования его в пассажирском движении 139
Рахимов Р. В., Балтаев М. Б. Новая измерительная схема для определения показателей вертикальной и горизонтальной динамики вагона метрополитена 141
Рахимов Р. В., Хикматов Ф. Ф. Динамометрический вагон специально-технического назначения для железных дорог Республики Узбекистан 143
Саркисов О. А., Кривенков А. А., Моложавский В. А. Разработка технологии восстановления подбоек путевых машин типа ВПР–08 методом ручной дуговой наплавки 144
Сахаров П. А. Оценка влияния зазоров в межвагонных соединениях поезда на продольные силы в автосцепках при электродинамическом торможении 146
Тимошенко А. В., Волнянко Е. Н. Устройство для поднятия колесной пары тепловоза над железнодорожными рельсами при ее вывешивании 148
Третьяк З. Ю., Перекрестова Н. М., Шкрабов Е. В. Особенности декларирования соответствия железнодорожной продукции требованиям технических регламентов ТР ТС 001/2001, ТР ТС 002/2011, ТР ТС 003/2011 150
Турсунов Н. К. Исследование и совершенствование режимов рафинирования стали в индукционных печах с целью повышения качества изделий 153
Турсунов Н. К. Обоснования требований к сталям ответственного назначения, используемым в железнодорожном транспорте 156
Турсунов Н. К. Повышение качества стали за счет применения редкоземельных металлов 158
Турсунов Н. К. Повышение качества стали, используемой для изготовления литых деталей подвижного состава, за счет применения модификаторов 160
Турсунов Н. К., Тоиров О. Т. Снижение дефектности рам по трещинам за счет изменения конструкции литниковой системы 162
Турсунов Н. К., Тоиров О. Т., Железняков А. А., Комиссаров В. В. Снижение дефектности крупных литых деталей подвижного состава железнодорожного транспорта за счет выполнения мощных упрочняющих ребер 165
Фозилов Т. Т., Мамаева Д. Г. Исследование влияния эффекта модифицирования индием на силумины 167
Фомин А. В., Ловская А. А. Определение нагруженности несущей конструкции вагона-цистерны с упруго-фрикционными связями в опорах котла, а также между опорами и рамой 168
Фомин А. В., Прокопенко П. Н., Кара С. В. К вопросу создания конструкций грузовых вагонов со сменными кузовами 170
Френкель С. Я., Дединкин А. П. Прогнозирование расхода энергоресурсов на тягу поездов методами регрессионного анализа 172
Френкель С. Я., Дединкин А. П., Кунец В. А., Ткачук К. А. Оценка влияния некоторых эксплуатационных факторов на расход топлива на тягу поездов 174
Френкель С. Я., Янченко А. А., Комаринцев О. А. Моделирование расхода электроэнергии магистральными локомотивами 176
Чаганова О. С., Страдомский М. Ю., Демьянчук О. В. Анализ экспериментальных данных по определению сил при закреплении вагонов тормозными башмаками 178
Шатило С. Н. Концепция пожарной безопасности современного железнодорожного подвижного состава 180

3 ИНФОРМАЦОННАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНИКИ И СВЯЗИ

Абдуллаев Р. Б. Метод логической обработки диагностических данных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики на основе квантования сигналов 182
Бочков К. А., Буй П. М., Кулаженко А. Ю. Гармонизация требований по информационной и функциональной безопасности автоматизированных систем управления ответственными технологическими процессами железнодорожного транспорта 184

Веселов А. В., Шевчук В. Г. Программно-аппаратный комплекс автоматизированного тестирования и учета аккумуляторных батарей в дистанции сигнализации и связи железной дороги 186
Ефанов Д. В. Самодвойственная отказоустойчивая структура для комбинационных составляющих микроэлектронных систем управления 188
Комнатный Д. В. Применение условий эквивалентности импульсов при комплексировании испытаний на помехоустойчивость 191
Комнатный Д. В. Расчет движения отцепа по тормозной позиции сортировочной горки методом припасовывания 194
Кустов В. Ф. Анализ стратегий нормирования функциональной безопасности в стандартах железнодорожной автоматики 196
Ляной В. В., Гнитько Р. В. Применимость рельсовых цепей, счетчиков осей и оптосенсорных технологий для обеспечения безопасности движения поездов 198
Пашуков А. В. Синтез устройств управления стрелочным переводом на программируемых логических интегральных схемах 201
Харлап С. Н., Кулаженко А. Ю. Оценка независимости отказов в диверситетном программном обеспечении с помощью EL-модели 203
Харлап С. Н., Сивко Б. В. Уровни формализации функции безопасности при верификации микропроцессорных систем обеспечения безопасности движения поездов 204
Хоменко С. И., Жигалин И. О., Катков В. Л., Логвиненко И. В. Расширение функциональных возможностей генератора выбросов 1,2/50 путем использования условия эквивалентности импульсов помех 206
Шаманов В. И., Денежкин Д. В. Косвенные измерения асимметрии тягового тока в рельсах под катушками автоматической локомотивной сигнализации 208

4 ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ

Андрейчиков М. В., Горбачева О. В. Характеристика источников загрязнения атмосферного воздуха и компонентного состава выбросов в атмосферный воздух в организациях Белорусской железной дороги 211
Андрейчиков М. В., Горбачева О. В., Горелая О. Н. Анализ существующего технического кодекса ТКП 17.08-12-2008 «Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов предприятий железнодорожного транспорта» 213
Андрейчиков М. В., Горбачева О. В., Горелая О. Н. Исследование и систематизация данных по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу, полученных при проведении инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в организациях железнодорожного транспорта Республики Беларусь и Европейского союза 215
Белькин В. О., Самусева Л. В. Диагностирование трансформаторов путем анализа данных сверточной нейронной сетью 217
Гончаров И. П., Ермоленко С. В., Ляхов С. В. Об исследовании структуры потребления топливно-энергетических ресурсов в организациях Минтранса и разработке отраслевых мероприятий по выполнению показателей энергосбережения. 219
Горелая О. Н., Андрейчиков М. В. Использование наноматериалов для очистки нефтесодержащих сточных вод предприятий транспорта 221
Додолев С. Г., Овчинников В. М. Совершенствование технологии содержания и ремонта зданий и сооружений для снижения энергозатрат 222
Дюндикова А. И., Колдаева С. Н. Модернизация производственной котельной посредством внедрения комплекса энергосберегающих мероприятий на примере Жлобинской ТЭЦ 224
Клевец Н. Н. Ключевые погодно-климатические риски в сфере транспорта для территории Республики Беларусь 227
Кушнеров Д. Н., Макеев В. В. SWOT-анализ при определении основных направлений повышения энергоэффективности на Белорусской железной дороге 229
Михальченко А. А. Экологические аспекты развития транспортировки отходов с применением пневмотраспорта 231
Невзорова А. Б. Мероприятия по снижению бездоходных потерь питьевой воды 232
Nurmetov Kh. I., Riskulov A. A. Some aspects of industrial polymer waste recycling system 234
Овчинников В. М., Семашко С. А. Энергетическая эффективность Белорусской железной дороги 236
Пашкавцов М. Ю., Сахаров П. А. Оценка прогнозирования расхода дизельного топлива на тягу поездов методами регрессионного и имитационного моделирования 239
Пехота А. Н., Хрусталев Б. М. Энергоресурсосбережение при утилизации отработанных элементов топливных фильтров машин и механизмов 241
Самодум Ю. Г., Дединкин А. П. Перспективные направления энергосбережения в тяге поездов... 243
Шевелёва М. В., Колдаева С. Н. Проект реконструкции системы теплоснабжения филиала «Гомельобои» ОАО «ЦБК-Консалт» 245

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Ахраменко Г. В., Гатальский А. С., Череухин В. В., Забродский Е. А. Решение проблемы столкновений самолетов с птицами на примере Гомельского аэропорта ... 247
Ахраменко Г. В., Шлеменкова М. И., Хихлуха В. В., Матузов А. Д. Повышение долговечности дорожной конструкции на примере строительства объездной автомобильной дороги в Украине (г. Ровно) ... 249
Бандюк Н. В. Зарубежный опыт и перспективы использования вторичных полимеров ... 251
Бандюк Н. В. Факторы, влияющие на качество асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов ... 252
Богданович С. В., Капский Д. В., Кот Е. Н. Внедрение новых подходов к обеспечению безопасности дорожного движения в Республике Беларусь ... 254
Боршевецкий С. А., Локтева Н. А., Определение положения опор для прямоугольной пластины под воздействием гармонической сосредоточенной нагрузки ... 256
Бочкарёв Д. И., Петрусевич В. В. Исследование влияния гидрофобной профилактической обработки на морозостойкость асфальтобетонной смеси ... 257
Бочкарёв Д. И., Татаренко В. Г., Мамсиков Н. В., Постников А. С. Современное состояние рельсового хозяйства Белорусской железной дороги и перспективы эксплуатации рельсов повышенной износостойкости и контактной выносливости ... 259
Бурдукова-Дрозд М. С. Обеспечение безопасного перехода через железнодорожные пути ... 262
Данилов В. В., Цариков А. А. Психофизиологические аспекты безопасности движения пешеходов старшего возраста ... 264
Демидов А. Р., Довгелюк Н. В., Брек Н. Д. Безопасность движения поездов и особенности скреплений верхнего строения пути на второй и третьей линиях Минского метрополитена ... 266
Довгелюк Н. В., Масловская Е. М., Мазынский П. О. Защита от оползневой опасности склонов выемок железной дороги в целях безопасности движения поездов ... 268
Довгелюк Н. В., Масловская Е. М., Серко О. И. Расчетная модель поезда при проектировании железных дорог ... 270
Дорошенко А. Ю. Исследование свойств дорожного цементобетона с применением отходов глиноземного производства ... 272
Дубровская Т. А., Стрижак А. И., Гапоник С. С. Анализ установленных скоростей движения на направлении Гомель – Минск ... 274
Дубровская Т. А., Ступиш В. В., Вареник А. И. Реконструкция участка Волковыск – Зельва Белорусской железной дороги ... 276
Клюева Е. Н. Проблемы обеспечения безопасности на водном транспорте Украины ... 278
Ковтун П. В., Осипова О. В., Сущенок А. А., Дершань В. А. Мониторинг шпалопропиточного производства на Белорусской железной дороге ... 280
Ковтун П. В., Стрижак А. И., Бладыко А. Ф., Цариков В. А. Основные этапы повышения скоростей движения 282
Лабыкин А. А., Кручинин И. Н., Байц О. Н., Овсейчик Д. В. Влияние дорожных покрытий на транспортный шум в условиях городской застройки ... 284
Лапушкин А. С. Подход к уточнению условий циклического нагружения пружинных элементов промежуточных рельсовых скреплений ... 285
Лапушкин А. С. Гвоздь А. А., Дударева М. В. Мониторинг производственных мощностей структурного подразделения ПМС-Гомель РУП «Ремпуть Белорусской железной дороги» ... 287
Матвецов В. И. Режимы работы и стыковые зазоры 25-метровых рельсов ... 289
Науменко М. Л., Грабович Д. С., Инютин В. И., Кожедуб С. С., Анищенко А. В. Прогрессивная технология восстановительного ремонта пути на новых материалах ... 291
Никитин Е. В., Ковтун П. В. Увеличение скоростей движения поездов на участке Гомель – Василевичи ... 293
Новикова О. К. Неудовлетворительная работа аэрационных сооружений с активным илом: основные причины и пути их решения ... 294
Новикова О. К., Гриб А. А. Направления реконструкции систем водоснабжения и канализации в Республике Беларусь ... 296
Пшениснов Н. В. Использование искусственных сооружений на железнодорожном пути для обеспечения безопасности участников движения ... 298
Романенко В. В. Оценка состояния пути на основе анализа процессов взаимодействия в системе «колесо – рельс» ... 299
Романенко В. В., Кравцов С. Г. Использование теоретических основ в компьютерном моделировании ... 302
Романенко В. В., Краснов М. А., Чаткин Д. В. Влияние конструктивных особенностей стрелочных переводов производства VAE на положение путей в плане ... 304
Романенко В. В., Макаревич В. Д. Оценка проектных решений по замене перекрестных стрелочных переводов одиночными обыкновенными ... 306

Романенко В. В., Ценян А. А., Ародь Л. Н. Использование методики по оценке фактических параметров устройства кривых в исследованиях их геометрии 308
Смирнова И. П., Панкратова Е. М. Организация техники безопасности персонала при работе на складах .. 310
Смирнова И. П., Тащилина А. Д. Организация безопасности транспортной инфраструктуры страны 312
*Талецкий В. В.*О грузоподъёмности моста через р. Батывля на автомобильной дороге 314
Толочко З. Ю., Довгелюк Н. В., Малащенко К. С. Сооружения и устройства, повышающие безопасность движения поездов и стабилизирующие устойчивость земляного полотна 315
Труханов П. С. Жизненный цикл верхнего строения железнодорожного пути и расчет его стоимости 317
Холявко В. И., Инютин В. И., Лапушкин А. С., Анищенко А. В. Анализ охраны труда в Гомельском отделении Белорусской железной дороги 319
Царенкова И. М., Жарин Н. С. Проблемы и перспективы развития системы придорожного обслуживания транспортных потоков 321
Царенкова И. М., Худенко В. И. Перспективные направления развития дорожного хозяйства в условиях смены технологического уклада 323
Царенкова И. М., Шутов Я. В. Актуальные проблемы мостовых сооружений в контексте их эксплуатации в военный целях 325
Цыбулько В. В. Опыт и перспективы организации ПВО железнодорожных транспортных коммуникаций с использованием зенитной артиллерии и зенитных ракетных комплексов 327
Этин П. Ю., Жданович П. В. Особенности инженерно-геодезических изысканий при проведении паспортизации железнодорожных путей необщего пользования 329
Юдин А. А. Способ контроля пространства внутри вагона для осмотра вагонов на станциях оборота метро 331

Научно-практическое издание

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

Материалы XI Международной научно-практической конференции
(Гомель, 25–26 ноября 2021 г.)

Ч а с т ь 1

Издается в авторской редакции

Технический редактор *В. Н. Кучерова*
Корректоры: *А. А. Павлюченкова, Т. А. Пугач, Т. М. Маруняк*
Компьютерная верстка – *Е. И. Кудрявская, С. В. Ужанкова*

Подписано в печать 22.11.2021 г. Формат 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 39,53. Уч.-изд. л. 42,38. Тираж 50 экз.
Зак. №. 2761. Изд. № 63.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/361 от 13.06.2014.
№ 2/104 от 01.04.2014.
№ 3/1583 от 14.11.2017.
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель

ISBN 978-985-891-052-5