

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

МАТЕРИАЛЫ
IX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Часть 1

Под общей редакцией *Ю. И. КУЛАЖЕНКО*

Гомель 2019

УДК 656.2.08
ББК 39.28
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. Бочкарёв**, **Т. А. Власюк**, **И. А. Еловой**, **Д. В. Леоненко**,
В. Я. Негрей, **В. М. Овчинников**, **А. В. Путято**, **А. О. Шимановский**

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор **М. Б. Кельрих**
(Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев);
доктор технических наук, профессор **В. В. Кобищанов**
(Брянский государственный технический университет);
доктор технических наук, профессор **Ю. О. Пазойский**
(Московский государственный университет путей сообщения)

Проблемы безопасности на транспорте : материалы IX Междунар.
П78 **науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Бе-**
ларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кула-
женко. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 415 с.
ISBN 978-985-554-878-3 (ч. 1)

Рассматриваются теоретические и организационно-технические основы обеспечения безопасности транспортных систем; пути повышения надежности подвижного состава железнодорожного транспорта; вопросы безопасности транспортной инфраструктуры, систем автоматики, телемеханики и связи; экологической, энергетической и экономической безопасности на транспорте; надежности и безопасности конструкций, зданий и сооружений; безопасности пассажирских перевозок; физики, механики и математики в обеспечении безопасности транспортных систем.

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

УДК 656.2.08
ББК 39.28

ISBN 978-985-554-878-3 (ч. 1)
ISBN 978-985-554-879-0

© Оформление. БелГУТ, 2019

УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ!

От имени организационного комитета IX 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, фундаментальным научным исследованиям в области безопасности транспортных систем, что позволит найти комплексные, эффективные решения сложнейших задач в области безопасности на транспорте.

Данное мероприятие является хорошей возможностью ознакомить участников с научными достижениями, передовыми производственными технологиями, а также установить новые научно-производственные связи с учеными и специалистами из разных стран.

Наша конференция традиционно проводится при поддержке Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь и Белорусской железной дороги. Безусловно, 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*

1 БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

УДК 656.08

БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ И АВИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

И. Ю. АВРАМЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Безопасность полётов – это состояние авиационной системы или организации, при котором риски, связанные с авиационной деятельностью, относящейся к эксплуатации воздушных судов или непосредственно обеспечивающей такую эксплуатацию, снижены до приемлемого уровня и контролируются [1].

В зависимости от контекста понятие безопасности полётов может иметь различные интерпретации, например:

- отсутствие авиационных происшествий;
- отсутствие или приемлемые уровни рисков, то есть факторов, которые могут привести к ущербу;
- отношение работников к небезопасным действиям и условиям, то есть корпоративная культура безопасности с сопутствующими процессами выявления источников опасности и управления рисками с целью предупреждения авиационных происшествий (человеческих жертв, ущерба имуществу и окружающей среде).

Безопасность рассматривается как результат управления факторами риска – состояние, при котором риски причинения вреда лицам или нанесения ущерба имуществу снижены до приемлемого уровня и поддерживаются на этом либо более низком уровне путём систематического выявления источников опасности и контроля факторов риска.

Государства сотрудничают в деле осуществления контроля за обеспечением безопасности полетов и авиационной безопасности во всем мире в соответствии с их обязательствами по Чикагской конвенции.

Государствам следует учитывать последствия для безопасности полетов и авиационной безопасности при осуществлении трансграничных операций арендуемых воздушных судов, практики совместного использования кодов авиакомпаниями и применении других аналогичных механизмов.

Меры по обеспечению безопасности полетов и авиационной безопасности должны осуществляться эффективным с точки зрения затрат. Указанные меры не должны нарушать или затруднять поток пассажиров, грузов, почты и воздушных судов.

В случае происшествия с воздушным судном, повлекшего смерть или серьезные телесные повреждения либо свидетельствующего о серьезном техническом дефекте воздушного судна или аэронавигационных средств, государство, на территории которого произошло происшествие, назначает расследование обстоятельств происшествия в соответствии с процедурой, которая может быть рекомендована ИКАО. Государству, в котором зарегистрировано воздушное судно, предоставляется возможность назначить наблюдателей для присутствия при расследовании, а государство, проводящее расследование, направляет этому государству отчет и заключение о расследовании.

Каждое государство самостоятельно определяет направление и темпы изменений в сфере регулирования международного воздушного транспорта, проявляя гибкость и используя, в зависимости от обстоятельств, двусторонние, субрегиональные, региональные, плюрилатеральные или глобальные механизмы.

Принимаются надлежащие стандартные системы процедур связи, кодов, маркировки, сигналов, светооборудования и правила.

Необходимая инфраструктура аэропортов и аэронавигационного обслуживания предоставляется во всем мире по разумным ценам и на недискриминационной основе.

Сборы за аэропортовое и аэронавигационное обслуживание используются только для покрытия затрат на предоставление средств и обслуживание гражданской авиации.

Государства устанавливают таможенные и иммиграционные процедуры, касающиеся международной аэронавигации.

Они также обязуются принимать необходимые меры по оказанию помощи воздушным судам, терпящим бедствие на его территории, и разрешать собственникам этих воздушных судов или властям государства, в котором эти воздушные суда зарегистрированы, оказывать им меры помощи.

ИКАО играет роль мирового лидера в содействии и координации процессов экономической либерализации и обеспечения безопасности полетов и авиационной безопасности международного воздушного транспорта, а также способствует развитию эффективных связей и сотрудничества с другими межправительственными и неправительственными организациями, занимающимися вопросами международного воздушного транспорта, в целях согласования усилий и во избежание дублирования действий на глобальном уровне.

Государства принимают необходимые меры, чтобы каждое воздушное судно, совершающее полет или маневрирующее в пределах его территории, а также каждое воздушное судно, несущее его национальный знак, где бы такое воздушное судно ни находилось, соблюдало действующие в данном месте правила и регламенты, касающиеся полетов и маневрирования воздушных судов. Каждое государство обязуется обеспечить привлечение к ответственности всех лиц, нарушающих действующие регламенты.

Примеры нарушения данных регламентов.

События 1983 г., в районе советского Дальнего Востока был сбит иностранный гражданский самолет, находившийся в воздушном пространстве СССР без разрешения, послужили основанием к принятию поправки 3 bis к Чикагской конвенции 1944 г. В соответствии с этой поправкой каждое государство имеет право требовать посадки в аэропорту иностранного гражданского воздушного судна, если оно совершает полет над его территорией без его разрешения. В случае перехвата нарушителя не должна ставиться под угрозу безопасность находящихся на борту лиц и безопасность воздушного судна.

Обязательства по авиационной безопасности и защите от актов незаконного вмешательства закреплены в Конвенции о преступлениях и некоторых других актах, совершаемых на борту воздушных судов, Конвенции о борьбе с незаконным захватом воздушных судов (Гаага, 16 декабря 1970 г.). Государства оказывают друг другу помощь в предотвращении незаконного захвата гражданских воздушных судов и других незаконных актов, направленных против безопасности таких воздушных судов, их пассажиров и экипажей, аэропортов и аэронавигационных средств, а также любой другой угрозы безопасности гражданской авиации.

В случае, если имеет место инцидент или угроза инцидента, связанного с незаконным захватом гражданских воздушных судов или с другими незаконными актами, направленными против безопасности воздушных судов, их пассажиров и экипажа, аэропортов или аэронавигационных средств, государства предоставляют друг другу связь и другие меры в целях пресечения такого инцидента [2].

Список литературы

1 Организация воздушного движения [Электронный ресурс] / Википедия, свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=97209645>. – Дата доступа : 02.10.2019.

2 Студии: учебные материалы для студентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://studme.org/1958051916031/pravo/bezopasnost_poletov_aviatsionnaya_bezopasnost. – Дата доступа : 02.10.2019.

УДК 656.2.004:004.9

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А. А. АКСЕНЧИКОВ, В. Г. КОЗЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта Республики Беларусь государственное объединение «Белорусская железная дорога» создала ряд правовых и нормативных актов, позволяющих проводить мероприятия по разработке и внедрению интеллектуальных и цифровых технологий на республиканских унитарных предприятиях, входящих в ее состав, модер-

низации рабочих мест и развитию систем автоматизированного управления объектами инфраструктуры и предприятий.

Развитие железной дороги должно базироваться на применении интеллектуально-цифровых технологий, по этому пути пошло руководство Транспортного республиканского унитарного предприятия «Могилевское отделение Белорусской железной дороги» (НОД-5).

На данный момент на всех отделениях Белорусской железной дороги при составлении «Суточной справки по НОД», которая оформляется или на бумажном носителе на специально разработанных бланках, или набирают в компьютере и распечатывают, работники отделения используют Информационную аналитическую систему поддержки управленческих решений по грузовым перевозкам (ИАС ПУРГП):

– Автоматизированная система сменно-суточного планирования погрузки-выгрузки дороги и её подразделений (АС ССП);

– Техническое нормирование эксплуатационной работы дороги (ТНЭРД);

– WEB-приложение «Блокнот руководителя»;

– отчет о наличии груженых вагонов (форма ДО-15);

– отчет формы ДО-1;

– справка 1243 «Прием поездов и вагонов по стыкам» и др.

Информацию, которой нет в ИАС ПУРГП, по перспективе работы на сутки (погрузка по роду груза обеспечена на 21.00 и 9.00; наличие местных вагонов на 5.00, не планируемых в выгрузку за сутки и др.) дежурный по отделению по планированию работы (ДНЦОП), диспетчер по регулированию вагонного парка (ДНЦВ) и дежурный по отделению (ДНЦО) получают по различным средствам связи.

НОД-5 предложило учреждению образования «Белорусский государственный университет транспорта» разработать автоматизированную систему «Анализ и планирование работы НОД-5», которая в автоматизированном режиме формировала бы суточный отчет эксплуатационной работы Могилёвского отделения, давала анализ выполненных эксплуатационных показателей по различным периодам времени.

Процесс разработки программы представлял собой комплекс взаимосвязанных между собой задач, между которыми производится обмен массивами информации.

Массив данных, необходимый для автоматизированного формирования анализа и планирования работы НОД-5, формируется в процессе обмена данными с информационно-справочными системами ИАС ПУРГП.

Одной из важных функций является функция доступа к АС «Анализ и планирование работы НОД-5», которая реализуется с различными уровнями доступа к информации:

– пользователи (линейный уровень – железнодорожные станции);

– пользователи (отделенческий уровень);

– разработчики;

– администратор;

– руководство отделения.

Доступ к АС «Анализ и планирование работы НОД-5» осуществляется на основании ввода имени пользователя и пароля, которые назначаются администратором АС «Анализ и планирование работы НОД-5».

Пароль состоит минимум из 6 символов и содержит в себе цифры и буквы (строчные и прописные). В случае неправильного ввода пароля от учетной записи более пяти раз учетная запись блокируется.

Учет и хранение паролей выполняется администратором АС «Анализ и планирование работы НОД-5», хранятся они в базе данных АС «Анализ и планирование работы НОД-5» в зашифрованном виде.

Для распределения прав пользователей и полномочий на доступ к информации АС «Анализ и планирование работы НОД-5» разработана подсистема авторизации и идентификации пользователей.

В файле login.php расположен основной код программы авторизации пользователя, который согласно введенным данным в соответствующие поля формы производит сверку с информацией из сформированной базы данных users БД. При успешном прохождении авторизации (совпадение введенных данных с users БД) генерируется токен пользователя с данного IP-адреса, который сохраняется в базе данных и на стороне клиента в cookie для дальнейшей работы пользователя в системе.

В users БД хранятся данные обо всех зарегистрированных пользователях АС «Анализ и планирование работы НОД-5». Структура базы данных состоит из пяти полей: ключевое user_id, логин (псевдоним) пользователя user_login, хеш пароля пользователя user_password, токен авторизации пользователя user_hash, IP-адрес пользователя user_ip.

Файл loginout.php содержит код программы для выполнения процедуры выхода пользователя из системы (удаление токена пользователя). Код программы check.php служит для проверки токена пользователя с соответствующей информацией из users БД. Данный файл является обязательным, т.к. обеспечивает защиту от несанкционированного доступа к системе. Файл regist.php служит для регистрации новых пользователей в системе и сохранения их данных базе данных АС «Анализ и планирование работы НОД-5». После заполнения заданных полей формы данные о пользователе отправляются администратору системы, который в ручном режиме создает логин и пароль и добавляет нового пользователя в систему.

В главном окне АС «Анализ и планирование работы НОД-5» представлены: 1. Грузовая работа (Справка о грузовой работе отделения дороги); 2. Измеритель (Выполнение показателей грузовой работы); 3. Вагонный парк (Плановые значения показателей вагонного парка); 4. Аренда и ремонт (Наличие арендованных вагонов по железнодорожным станциям отделения); 5. Обмен вагонов (Обмен по стыковым пунктам отделения дороги); 6. Погрузка (Справка о погрузке на отделении дороги); 7. Выгрузка (Справка о выгрузке на отделении дороги); 8. Рабочий парк; 9. План и выполнение передачи по отделениям и др.

Прогнозная информация (которая не отражается в ИАС ПУРГП) вводится в рабочие формы на линейном и отделенческом уровне. После заполнения этих форм автоматически формируется справка для начальника Могилевского отделения.

Разработанное программное обеспечение по автоматизации суточного отчёта эксплуатационной работы Могилевского отделения выложено на сервере Службы перевозок Белорусской железной дороги.

В апреле 2019 года АС «Анализ и планирование работы НОД-5» была принята в промышленную эксплуатацию Могилевским отделением и внедрена на рабочих местах работников отдела перевозок и железнодорожных станций Могилевского отделения.

После внедрения АС «Анализ и планирование работы НОД-5» у работников отделения (ДНЦОП, ДНЦВ и ДНЦО) высвободилось около 20 % рабочего времени, которое затрачивалось на сбор и запись необходимой информации при составлении суточной справки по НОД-5. Начальник Могилевского отделения может в любое время просмотреть актуализированную информацию по анализу и планированию работы НОД-5, раньше он получал эту информацию только на начало рабочего дня.

Экономический эффект от внедрения АС «Анализ и планирование работы НОД-5» составил:

- от сокращения времени, затрачиваемого работниками отдела перевозок по сбору информации и записи ее в различные формы (бумажный носитель);
- точности внесения данных из различных автоматизированных систем в отчетную форму (исключается человеческий фактор по допущению неточностей при заполнении отчетных форм);
- ускорения процедуры принятия управленческих решений;
- появления возможности получения информации по различным периодам времени.

УДК 656.2:502.3

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ТКО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

М. М. АЛАЕВ, Т. И. КАШИРЦЕВА

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

По данным Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации общая величина накопленных и учтенных отходов производства и потребления в целом по стране составляла на конец 2018 г. более 40 млрд тонн [1]. И это только учтенные отходы. Неучтенных отходов по оценочным данным накоплено свыше 90 млрд тонн. Ежегодно в России образуется более 5 млрд тонн отходов.

Общее число предприятий, занятых в сортировке и переработке отходов в России в настоящий момент составляет около 350 единиц. Тем не менее этих мощностей не хватает для рационального обращения с отходами. По данным Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации начиная с 2000 года в окружающую среду, то есть на свалки, полигоны и в другие места, было направлено около 144 млн м³ отходов.

В последние годы в Российской Федерации государственная политика по обращению с отходами производства и потребления претерпела существенные изменения. В 2013 году утверждена комплексная Стратегия обращения с твёрдыми коммунальными (бытовыми) отходами в Российской Федерации до 2030 г. (Приказ Минприроды России от 14 августа 2013 г. № 298) [2]. Важным этапом в реформе обращения отходов послужили изменения в Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [3].

В соответствии с балансом количественных характеристик образования, утилизации, обезвреживания и размещения отходов в Москве, 95 % ТКО, образовавшихся на территории Москвы, передается в другие регионы и только 5 % утилизируется.

Сложность обеспечения санитарной очистки Московского региона обусловлена самыми высокими в стране объемами образования отходов, плотностью населения и застройки территории. Кроме того, столичный статус Московского региона накладывает особые требования на периодичность и качество выполнения работ по санитарной очистке его территории, а также безопасность применяемых для этого технологий. Большая часть отходов Москвы и Московской области вывозится на полигоны, карьеры и свалки Московской области.

Основными проблемами, связанными с размещением отходов на территории Московской области, являются: перегруженность действующих полигонов ТКО, отсутствие площадей под строительство новых полигонов и мусороперерабатывающих комплексов, недостаток средств на реконструкцию и рекультивацию объектов размещения отходов.

В целях обеспечения обработки утилизации, обезвреживания и захоронения отходов до 2023 года планируется к строительству:

- 11 новых полигонов ТКО общей мощностью 1,7 млн тонн;
- 12 мусороперерабатывающих заводов (МПЗ) общей мощностью 4 млн тонн в год;
- 4 завода по термической обработке отходов общей мощностью 2,8 млн тонн в год (1,4 млн тонн из которых будет использоваться для обезвреживания ТКО из Москвы).

В Европе под управлением отходами (waste management) понимается информационно-управленческая и финансово-экономическая деятельность по сбору, транспортировке, рециклингу и размещению отходов, в том числе контроль за данными операциями и за процессами рекультивации мест размещения отходов, включая действия, предпринимаемые хозяйствующими субъектами и третьими лицами.

Приоритеты управления отходами закреплены в Европейской директиве об отходах и выстраиваются следующим образом по мере убывания предпочтительности опций: предотвращение, подготовка к повторному использованию, переработка, другие способы восстановления, например, с получением энергии, размещение на полигоне.

Иерархию отходов европейская система управления отходами дополняет следующими основными принципами: загрязнитель платит (The polluter-pays principal), принцип расширенной ответственности производителя (РОП) (The extended producers' responsibility), принцип самодостаточности (Self-sufficiency), принцип близости (Proximity).

Одним из эффективных подходов к построению системы обращения с отходами является формирование специальных территорий (эко-промышленные кластеры, эко-промышленные парки, эко-тауны), организованных по принципу обмена ресурсами.

Так как центральная часть России является густонаселенной и места для размещения полигона на этой части территории найти практически невозможно, будем исходить из положения, что полигон может быть расположен в пределах 1000 км от места образования и сбора мусора. Одним из вариантов расположения полигона и мусоросжигательного завода – район станции Шиес Северной ж.д. Строительство затрудняется протестами жителей региона, которые недовольны расположением полигона и опасаются ухудшения экологической ситуации. Их опасения нельзя считать необоснованными.

Строительство полигона, а также мусоросжигательного завода и их эксплуатация действительно наносит вред окружающей среде, а также жизни животных и людей. Отравление почвы, подземных вод, рек, озер и атмосферы влечет за собой непоправимые последствия.

Мусоросжигательный завод также наносит достаточно большой вред флоре и фауне, т.к. невозможно на сегодняшний момент сжигать мусор на 100 % и без выделения вредных веществ. Для их нейтрализации нужно устанавливать современные фильтры для очистки выбросов, т.к. наносимый вред от этих выбросов значительно больше по площади, чем вред от захоронения ТКО на предназначенных для этого полигонах.

Для полигона ТКО достаточно сложно найти подходящее место, в котором не будет нанесен сильный урон окружающей среде во время эксплуатации, а также это место не сможет быть в дальнейшей работе задействованным для нужд человека. Поэтому при строительстве полигона нужно учитывать и вносить как можно больше защитных устройств, нейтрализующих вредное воздействие на окружающую среду, и выбирать место с учетом всех технических и экологических составляющих.

Одним из главных вопросов в проблеме переработки ТКО является выбор оптимального способа сбора, а также транспортировка отходов к местам утилизации. Перевозка может осуществляться железнодорожным или автомобильным транспортом. Перевозка ТКО по железной дороге может быть осуществлена следующими способами:

1 С использованием контейнеров (20- и 40-футовых). Для обеспечения защиты контейнера от загрязнения ТКО в контейнер должны грузиться с применением специальных вкладышей – лайнер-бэгов.

2 С использованием полувагонов. На данный момент времени МТУ размещения ТКО в полувагонах также предусматривают применение вкладышей.

В обоих случаях перевозка может осуществляться как отдельными вагонами, так и отправительскими маршрутами. Основным логистическим требованием при этом является минимальное количество перегрузок и наличие инфраструктуры для погрузки ТКО в контейнеры (вагоны) и выгрузки ТКО.

При успешной реализации подобный опыт возможен к применению в тех городах, в которых ситуация с обращением ТКО аналогична ситуации в Москве и Московской области, а именно в Сочи, Санкт-Петербурге и др.

Список литературы

1 Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа : <http://www.mnr.gov.ru/about/>. – Дата доступа : 10.10.2019.

2 Стратегия обращения с твердыми коммунальными (бытовыми) отходами в Российской Федерации до 2030 г. : приказ Минприроды России от 14 августа 2013 г. № 298. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://static.government.ru/media/files/y8PMkQGZLfbY7jhn6QMruaKoferAowzJ.pdf>. – Дата доступа : 10.10.2019.

3 Об отходах производства и потребления : Федер. закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/. – Дата доступа : 11.10.2019.

УДК 656.22:656.2.08

СРЕДСТВА РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ДОСТУПНОСТИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ НА СТАНЦИИ БЕСКУДНИКОВО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЕЗДНОЙ И МАНЕВРОВОЙ РАБОТЫ

М. М. АЛАЕВ, А. Н. ЕФИМОВА

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Одной из задач холдинга ОАО «РЖД» и ее дочерних компаний, в том числе и АО «ЦППК», в соответствии с Федеральным законом от 24.11.1995 № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» является разработка и реализация обеспечения беспрепятственной доступности к объектам транспортной пассажирской инфраструктуры для людей с ограниченными возможностями. Условия доступности для инвалидов и людей с ограниченными возможностями и оказания им необходимой помощи устанавливается федеральными органами исполнительной власти.

В настоящее время многие железнодорожные станции и вокзалы оборудованы средствами обеспечения доступности для маломобильных граждан к транспортной инфраструктуре. На Белорусском вокзале установлены: кассы с заниженным уровнем стойки, на кассах работают усиленные динамики, по всем коридорам вокзала проложены направляющие плиты на полу, для удобства поднятия в залы ожидания на вокзале установлены лифт и эскалаторы, а на большинстве станций уже установлены пандусы, направляющие рельефные плиты и расширенные проходы для маломобильных людей.

В настоящее время на станции Бескудниково (ДЦС-6) существует единственный пешеходный мост, ось которого расположена на ПК 101+27,60, проходящего через главные станционные пути и пути приемоотправочного парка, а именно I и II – главные пути, 2а, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20 и 24 – приемоотправочные пути и пути парка формирования и расформирования поездов, который выходит к пассажирским платформам. Данный мост не удовлетворяет требованиям доступности людей с ограниченными возможностями в беспрепятственном попадании к платформам пригородного и дальнего сообщения, а именно: лестницы, ведущие на подъем и спуск с моста со стороны касс станции, платформ пригородного и дальнего сообщения, а также лестница, находящаяся вблизи 24 пути со стороны «Путевого проезда», не оборудованы пандусами, лифтами и подъемными механизмами. Установка пандусов на данных лестницах невозможна из-за высокого угла подъема лестницы. Установка подъемных механизмов возможна только со стороны железнодорожных касс пригородного сообщения и «Путевого проезда», так как только там может быть занята дополнительная территория под данный механизм, но это не решает проблему доступа к пассажирским платформам, так как лестница, ведущая к платформам, занимает всю ширину платформы и подходит вплотную к билетным терминалам, что не позволяет установить подъемный механизм с моста к платформам.

На станции нет станционного пешеходного перехода через железнодорожные пути, оборудованного по всем требованиям безопасности, включающими средства, обеспечивающие звуковыми сигналами световых сигналов светофоров и устройств, регулирующих движение пассажиров через железнодорожные пути. На данном мосту и на подходе к нему отсутствуют предупредительные и направляющие полосы, которые могут координировать людей с проблемами со зрением.

Прибывшие с пригородных поездов пассажиры на станцию Бескудниково, в силу своих ограниченных возможностей, не могут воспользоваться единственным мостом станции, выходящим к «Путевому проезду» и билетным кассам пригородного сообщения, поэтому они, рискуя жизнью и здоровьем, пересекают главные и приемоотправочные пути в неположенных местах. Своими действиями маломобильные пассажиры ставят под угрозу обеспечение безопасности поездной и маневровой работы на станции.

Для решения данной проблемы предлагается построить конкурс или модернизировать старый железобетонный мост. Существующий мост невозможно полностью модернизировать, поэтому необходимо проложить пешеходный переход к платформам.

Данный временный переход должен быть оснащен всеми доступными средствами для безопасного движения всех пассажиров, а именно: пешеходным настилом, тактильным указателем, предупреждающим плакатом, указателем места перехода через железнодорожные пути станции, пешеходной дорожкой, осветительной установкой, разделителем пассажирских потоков, заградительным барьером, светозвуковой сигнализацией, зоной накопления, плакатом с предупреждением, что по данному пересечению железнодорожных путей могут передвигаться маломобильные люди только с сопровождающими лицами.

Предлагаемый наземный переход должен проходить через I, II пути станции, выходя к платформам пригородного сообщения. Он будет обеспечивать возможность прохода людей к выходам, располагающимся вблизи билетных касс пригородного сообщения и обеспечивать безопасность поездной и маневровой работы на станции Бескудниково.

На следующем этапе работ необходимо построить на I и II, 2а, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20 и 24 путях конкурс, который будет сдвинут левее, чем стоящий сейчас железобетонный мост, ближе к стрелке № 68. Данное предложение будет актуально и экономически выгодно в связи с тем, что через ст. Бескудниково будут проходить пути направления МЦД-1, соединяющие направление Одинцово-Лобня. Данный конкурс сможет решить сразу две проблемы: проблему передвижения пассажиров и пассажиров с ограниченными возможностями к платформам пригородного сообщения, проблему передвижения пассажиров и пассажиров с ограниченными возможностями к платформам направления МЦД-1.

К преимуществам конкурса можно отнести: распределение пассажиров на поезда пригородного и дальнего следования отдельно от пассажиров МЦД-1; доступность для маломобильного населения ко всем платформам станции, возможность пропуска большого количества пассажиров в сутки, преимущество по сравнению с наземным переходом в безопасности, а с мостом – в комфорте передвижения пассажиров. Недостатками конкурса являются: большая стоимость строительства и сроки сооружения.

Для беспрепятственного пользования данным объектом, его необходимо оснастить следующими средствами: системой лифтов, находящихся со стороны «Путевого проезда», билетных касс и

лифтов, ведущих к платформам, принадлежащим к сообщению поездов МЦД-1, пригородных поездов и поездов дальнего сообщения, системой дублирования необходимой для инвалидов звуковой и зрительной информации, надписей знаками, выполненными рельефно-точечным шрифтом Брайля, системой направляющих и предупредительных полос, системой поручней доступных для пользователей, системой пандусов, системой освещения.

Данное предложение реконструкции станции Бескудниково обеспечит общую доступность к транспортной инфраструктуре станции для маломобильных пассажиров в направлении пригородных и дальних поездов, а также на направление поездов МЦД-1.

На сегодняшний день станция Бескудниково не располагает другими безопасными средствами перемещения пассажиров через железнодорожные пути станции, вдали от пассажирских платформ пригородного сообщения. Предлагается построить внеуличный переход в четной горловине станции. Данный мост должен проходить через I, II – главные пути станции, а также через 3-й тупиковый путь, уходящий на ОАО «Алтуфьево», и 2-й путь, уходящий на промстанцию «Медведково». На главных путях станции мост будет располагаться левее от стрелки № 6 и на подъездных путях необщего пользования, левее стрелки № 84.

Внеуличный переход должен быть пригодным для людей с ограниченными возможностями и соответствовать всем стандартам качества и должен быть оборудован: системой лифтов, находящихся со стороны «Путевого проезда» и «Керамического проезда», системой дублирования необходимой для инвалидов звуковой и зрительной информации, надписей знаками, выполненными рельефно-точечным шрифтом Брайля, системой направляющих и предупредительных полос, системой поручней, доступных для пользователей, система пандусов для маломобильных людей; системой освещения.

Внеуличный переход решит проблемы отсутствия специально оборудованных для маломобильных людей пешеходных переходов через железнодорожные пути вплоть до станции Дегунино. Это позволит ликвидировать случаи травматизма и летальных исходов на данном участке и обеспечит безопасность поездной и маневровой работы на станции.

Предложенные реконструктивные мероприятия по обеспечению беспрепятственного доступа к транспортной инфраструктуре станции Бескудниково улучшат удобства пользования данной станцией для людей с ограниченными возможностями. Эти мероприятия способствуют увеличению пассажиропотока на данной станции и для маломобильных пассажиров.

Реконструктивные мероприятия сократят риски травматизма и летального исхода у пассажиров с ограниченными возможностями, которые находятся на пассажирских платформах станции. Внедрение этих мероприятий снизит вероятность возникновения несчастных случаев на станции Бескудниково.

УДК 656.212.5:656.2.08

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

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

Е. А. ФЁДОРОВ, В. Г. КОЗЛОВ, Ю. О. ЛЕЙНОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта Республики Беларусь государственное объединение «Белорусская железная дорога» создала ряд правовых и нормативных актов, позволяющих проводить мероприятия по разработке и внедрению интеллектуальных и цифровых технологий на республиканских унитарных предприятиях, входящих в ее состав, модернизации рабочих мест и развитию систем автоматизированного управления объектами инфраструктуры и предприятий.

В условиях развития системы управления перевозочной деятельностью на Белорусской железной дороге возникла необходимость внедрения новых технологий в сфере управления перевозками и контроля состояния комплекса технических средств.

Система организации и проведения комиссионных месячных осмотров (КМО) является одной из ключевых задач в системе обеспечения безопасности движения. С развитием информационно-

управляющих систем и систем поддержки принятия управленческих решений на Белорусской железной дороге появились принципиально новые возможности в сфере цифровой трансформации процессов КМО на станциях, связанные с качественно новым уровнем возможностей информационного обеспечения задач анализа и контроля состояния технических средств.

На Белорусской железной дороге совместно со специалистами научно-исследовательской лаборатории «Управление перевозочным процессом» разработаны:

- СТП «Порядок проведения комиссионных месячных осмотров на станциях Белорусской железной дороги»;
- методическое пособие по проведению комиссионных осмотров станционного хозяйства и квартальных комиссионных осмотров путей необщего пользования;
- технические требования к автоматизированной системе оформления результатов комиссионных осмотров, определения мероприятий по устранению обнаруженных неисправностей и контроля за их исполнением.

Белорусский государственный университет транспорта ведет разработку автоматизированной системы «Комиссионный месячный осмотр» (АС КМО) в соответствии с установленными техническими требованиями.

АС КМО 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.

Преимущество разрабатываемой автоматизированной системы заключается в создании единого сквозного информационного пространства на транспортной сети Белорусской железной дороги. Это позволит другим информационно-управляющим системам получать актуальную и оперативную информацию о состоянии объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта. Система позволит проводить комплексный анализ технического состояния железнодорожных станций. Унификация данных о техническом состоянии объектов железнодорожного транспорта и процессов проведения КМО обеспечит интеграцию в комплексную интеллектуальную систему управления поездной работой. АС КМО предоставляет возможности план-факторного анализа, организации единой системы контроля процессов проведения КМО и устранения неисправностей. Реализация системы с использованием web-технологий позволит снизить требования к компьютерному обеспечению на уровне пользователей системы. Функциональная часть программного обеспечения основывается на положениях концепции информатизации Белорусской железной дороги и программы развития информационно-управляющих систем.

Использование системы АС КМО позволит:

- автоматизировать документооборот;
- повысить качество проведения комиссионного месячного осмотра;
- повысить уровень контроля за своевременностью и качеством устранения выявленных неисправностей технических устройств станции;
- повысить уровень ответственности начальников станций и руководителей предприятий дорог за состояние технических устройств станции.

Функциональные возможности АС КМО:

- 1 Планирование КМО;
- 2 Регистрация результатов КМО;
- 3 Регистрация мероприятий по устранению обнаруженных неисправностей;
- 4 Контроль за проведением КМО и исполнением мероприятий по устранению обнаруженных неисправностей;
- 5 Анализ результатов КМО и деятельности подразделений Белорусской железной дороги по устранению обнаруженных неисправностей.

Реализация функции «планирование КМО» обеспечит назначение даты и состава комиссии в соответствии с требованиями СТП БЧ 15.359–2017.

Функция «регистрация результатов КМО» будет включать следующие задачи:

- регистрация обнаруженных неисправностей;
- определение сроков устранения обнаруженных неисправностей;
- назначение ответственного подразделения (и руководителя) за устранение обнаруженных неисправностей;

- установление эксплуатационных ограничений по техническим объектам с обнаруженными неисправностями;
- оформление акта формы ДУ-45.

Функция «Регистрация мероприятий по устранению обнаруженных неисправностей» включает: ввод и заверение отметок об устранении обнаруженной неисправности; корректировку, журнал ДУ-45; формирование записи о невозможности устранения выявленных замечаний по независящим от ответственного подразделения причинам и доведение ее до ДС, НОД, УРБ; ввод распоряжения об изменении сроков и ответственного подразделения за устранение неисправности; а также перенос неустраненных нарушений в базу данных следующего осмотра.

Контроль за проведением КМО и исполнением мероприятий по устранению обнаруженных неисправностей будет осуществляться в автоматизированном режиме информационно-управляющей системой КМО. Алгоритм и порядок действий при осуществлении контроля за проведением и исполнением мероприятий состоит из пяти функциональных блоков:

- 1 Контроль сроков проведения КМО с уведомлением УРБ, НОД о нарушении;
- 2 Формирование перечня неустраненных нарушений каждую смену при приеме дежурства для ДСП, ДСПГ, ежесуточно для диспетчера предприятия, ответственного за устранение;
- 3 Подтверждение перечня неустраненных нарушений каждую смену при приеме дежурства ДСП, ДСПГ, ежесуточно диспетчером предприятия, ответственного за устранение;
- 4 Уведомление ДСП, ДС, диспетчера, руководителя предприятия, ответственного за устранение, руководителя отдела отделения дороги, УРБ о неустранении обнаруженных нарушений в установленные сроки;
- 5 Снятие контроля обнаруженного нарушения при устранении недостатка.

Выполнение функции «анализ результатов КМО и деятельности подразделений Белорусской железной дороги по устранению обнаруженных неисправностей» предусмотрено в автоматизированном режиме информационно-управляющей системой КМО. Анализ результатов комплексных осмотров на станции будет производиться с детализацией: по типам устройств; комплексам технических средств; типам неисправностей; предприятиям, ответственным за содержание технических устройств и устранение обнаруженных неисправностей; срокам их устранения. Анализ результатов КМО на отделении, дороге система выполнит с детализацией: по станциям; отделам; службам; предприятиям, ответственным за содержание технических устройств и устранение обнаруженных неисправностей; типам устройств; комплексам технических средств; типам неисправностей.

Основными направлениями эффективности создания АС КМО являются:

- обеспечение цифровизации управленческих процедур;
- унификация процедуры проведения КМО;
- увеличение прозрачности организационно-отчетных процедур в системе КМО;
- уменьшение трудозатрат на организацию и анализ КМО;
- расширение инструментария анализа результатов КМО.

Таким образом, создание и внедрение АС КМО позволит эффективно использовать финансовые, технические и трудовые ресурсы Белорусской железной дороги при организации и проведении комиссионных месячных осмотров железнодорожных станций.

УДК 656.7.086

ВЛАДЕНИЕ АВИАЦИОННЫМ АНГЛИЙСКИМ ЯЗЫКОМ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

*Т. И. БОЙКО, О. С. ПОЛЕТАЕВА, А. Э. РЕУТ
Белорусская государственная академия авиации, г. Минск*

Безопасность в авиации является центральной проблемой отрасли с первых дней ее существования, и теперь всё воздушное движение строится вокруг основной концепции безопасных полетов.

Причиной большинства авиационных происшествий и инцидентов является «человеческий фактор». Хотя изначально понятие «человеческий фактор» в авиации связывали только с факторами, которые могут иметь место в кабине летного экипажа, но реальность такова, что «человеческий

фактор» в авиации может развиваться на любом этапе полета. Данный фактор включает в себя управленческие решения, ошибки технического и наземного обслуживания, ошибки управления воздушным движением (далее УВД) и другие причины, связанные с эксплуатацией воздушного судна. Соответственно, при рассмотрении понятия «человеческий фактор» мы должны учитывать все эти аспекты, а не только действия и поведение лётного экипажа.

Термин «человеческий фактор» становится все более популярным, так как человеческая ошибка, а не механическая неисправность, лежит в основе большинства авиационных происшествий и инцидентов. «Человеческий фактор» включает в себя информацию о человеческих способностях, ограничениях, характере взаимодействия оператора с окружающей средой, техническими устройствами, системами и с другими специалистами по совместной деятельности.

Под «человеческим фактором» следует понимать совокупность индивидуальных и присущих профессиональному контингенту в целом, качеств и свойств человека, которые, проявляются в конкретных условиях функционирования авиационной системы, оказывая влияние на её эффективность и надежность. Проблема «человеческого фактора» в авиации, возникла вследствие несоответствия возможностей человека-оператора требованиям, предъявляемым ему в системе управления современной авиационной техникой.

«Человеческий фактор» является основной причиной более 70 процентов авиационных происшествий в воздухе и на земле. Несмотря на то, что человеческая ошибка обычно связана с выполнением полетов, в последнее время она также стала серьезной проблемой в практике технического обслуживания и организации воздушного движения. Поэтому повышение безопасности и эффективности повседневной деятельности инженеров, пилотов, диспетчеров и механиков является важной задачей не только для авиационных предприятий, но также и для учебных заведений, подготавливающих будущих авиационных специалистов.

Анализ авиационных происшествий, связанных с «человеческим фактором» при общении пилота с диспетчером с использованием авиационного английского языка и радиофразеологии, стал серьезной причиной для *Международной организации гражданской авиации (далее ИКАО)* усилить положения, касающиеся требований к владению языком.

Авиационный английский можно отнести к одному из факторов риска наряду с ошибками в пилотировании, поломками авиационной техники, сложными погодными условиями и др. *Поэтому начиная с 2008 года ИКАО ввела в действие новый стандарт, устанавливающий минимальные требования к владению языком при выполнении и обслуживании международных полетов.*

Для оценки языковых знаний была разработана шестиуровневая квалификационная шкала: Level 6 (Expert) – экспертный; Level 5 (Extended) – продвинутый; Level 4 (Operational) – рабочий; Levels 1-3 (Non-operational) – нерабочие уровни [4]. При прохождении экзамена на соответствие ИКАО оценивается шесть показателей владения языком:

Fluency – беглость речи, необходимая для одновременного общения диспетчера с несколькими самолетами. Пилоты обязаны выполнять инструкции диспетчера и реагировать на них быстро и своевременно;

Interaction – обе стороны должны взаимодействовать на должном уровне для эффективного выполнения всех процедур полета;

Vocabulary – объем словарного запаса должен позволять пилоту и диспетчеру вести переговоры как в стандартных, так и в чрезвычайных ситуациях;

Grammatical structures – применяемые грамматические структуры должны быть простыми, ясными и доступными для понимания пилотами и диспетчерами;

Pronunciation – произношение должно быть четким и разборчивым для избегания недопонимания между пилотами и диспетчерами;

Comprehension – диспетчеры и пилоты должны обладать достаточным набором навыков и стратегий для выполнения запросов, уточнения информации и выдачи инструкций.

Все 6 показателей оцениваются по 6-балльной шкале. В качестве общей отметки берется показатель с наименьшим результатом [4].

Усиленные требования к владению языком были приняты с целью повышения надежности радиообмена в нестандартных ситуациях, когда обычной фразеологии не хватает. Пилоты и диспетчеры управления воздушным движением должны быть способны говорить и понимать язык, используемый для ведения радиотелефонной связи, в соответствии с холистическими критериями и шкалой оценки языковых знаний на уровне 4 по Шкале ИКАО.

Выделяют следующие холистические критерии:

1 Профессионалы свободно общаются только в процессе речевой связи (телефонная/ радиотелефонная) и при непосредственных контактах.

2 Профессионалы недвусмысленно и четко изъясняются по общим, конкретным и связанным с работой вопросам. Контекст имеет важное значение в процессе коммуникации, и уровень языковой компетенции индивида может варьировать в зависимости от контекста.

3 Профессионалы используют соответствующие коммуникативные стратегии для обмена сообщениями и для распознавания и устранения недопонимания (например, посредством проверки, подтверждения или уточнения информации) вообще или в связанном с работой контексте.

4 Профессионалы успешно и относительно легко решают лингвистические проблемы при усложнении или непредвидимом изменении событий в процессе штатной рабочей ситуации или выполнения известной задачи связи.

5 Профессионалы используют диалект или акцент, которые понятны для авиационного сообщества [3].

Применение знаний английского языка требуется не только во время ведения воздушных переговоров между пилотом и диспетчером, но также важны навыки аудирования, чтения и даже письма для решения множества других важных языковых задач, связанных с авиационными операциями. Английский язык пронизывает практически все аспекты обучения, эксплуатации и технического обслуживания. Карты проверок, адаптированные к процедурам полета чаще всего публикуются на английском языке и используются во время нормального полета, а также в нештатных или аварийных ситуациях.

Проблема обеспечения безопасности полетов является одной из важнейших в авиации. Несмотря на быстрый рост технологий, люди в конечном итоге несут ответственность за обеспечение безопасности авиационной промышленности.

Человеческое поведение весьма переменчиво, ведь число разнообразных ситуаций и различного рода языковых нюансов бесконечно. По этой причине пилотам и диспетчерам воздушного движения необходима такая языковая подготовка, которая помогла бы им описывать любые возникающие при полете нештатные ситуации. Это обусловлено тем, что человек способен интерпретировать слова и фразы в несколько ином формате, а также использовать их в новом контексте. Основная функция языка заключается в том, что с его помощью можно описать самые сложные и часто непредвиденные события и факты. Попытки ограничить возможности языка путем использования только лишь фразеологии радиообмена всегда обречены на провал, особенно в чрезвычайных и аварийных ситуациях. Знание и правильное использование пилотами и диспетчерами общего и авиационного английского языка, фразеологии радиообмена являются залогом успешного и безопасного полета.

Список литературы

- 1 Циркуляр ICAO 253-AN/151. Человеческий фактор. Сборник материалов № 12. Роль человеческого фактора при техническом обслуживании воздушных судов.
- 2 ICAO Doc 9683-AN/950. Руководство по обучению в области человеческого фактора.
- 3 ICAO Doc 9835-AN/453. Руководство по внедрению требований ИКАО к владению языком.
- 4 ICAO Doc 9422-AM/923. Руководство по предотвращению авиационных происшествий.

УДК 656.212.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

В. В. БУРЧЕНКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для решения задач по выполнению требований к повышению безопасности работы сортировочных станций, с одновременным сокращением эксплуатационных затрат, необходимо применение эффективных цифровых систем управления горочными локомотивами с высокоточным определением местоположения подвижного состава на путях надвига и в сортировочных парках.

На многих сортировочных станциях внедрены различные устройства и системы автоматизации и централизации контроля и управления, например, комплексная система автоматического управления сортировочным процессом КСАУ СП, горочная автоматическая локомотивная сигнализация с использованием радиосвязи ГАЛС Р, горочная микропроцессорная централизация ГМЦ-ГТСС, маневровая автоматическая локомотивная централизация МАЛС, а также ряд других систем контроля и диагностики. Однако ни одна из указанных систем не формирует полноценную адекватную вагонную и поездную модель сортировочного процесса на станции в реальном масштабе времени. Это обусловлено отсутствием требуемого количества напольных датчиков, фиксирующих непрерывное перемещение и местонахождение каждой подвижной единицы на путях сортировочной станции с точностью до 10 м. Эффективная реализация концепции повышения надежности работы сортировочных станций зависит также от возможности использования идентификаторов вагонов, в качестве которых применяются инвентарные номера подвижного состава. На это указывает опыт эксплуатации систем автоматизированного расформирования – формирования составов в Западной Европе и США, использующих инвентарные номера вагонов для точного определения местонахождения каждого вагона на сортировочной станции. В США введена в эксплуатацию система автоматической радиочастотной идентификации вагонов Amtech стандарта ISO 10374. В Европе для идентификации транспортных средств используется система Dunicom – совместная разработка фирм Amtech и Alcatel. На железнодорожном транспорте система Dunicom используется во Франции, Швейцарии, Польше, Испании.

В настоящее время целый ряд развитых железных дорог уделяет повышенное внимание технологиям мониторинга, основанным на распределенных виртуальных акустических датчиках в оптоволокне. Применение технических решений на основе волоконной брэгговской решетки (Fibre Bragg Grating – FBG) подтвердило принципиальную пригодность оптоволоконных технологий для обнаружения физических событий, происходящих в зоне размещения оптико-волоконного кабеля. Технология FBG предусматривает формирование в оптоволокне посредством лазерного источника сигналов периодической структуры, обладающей свойствами отражателя для импульсов определенной длины волны. В волоконно-оптический кабель передаются световые импульсы высокой частоты с последующей оценкой отраженного сигнала. На длину отраженной волны λB оказывает влияние любая вариация физических или механических параметров брэгговской решетки. Суть явления выражает известное равенство (1), где первое слагаемое в правой части показывает влияние растяжения на $\Delta\lambda B$, а вторая часть – влияние температуры на $\Delta\lambda B$.

$$\Delta\lambda B = \lambda B(1 - \rho\alpha)\Delta\varepsilon + \lambda B(\alpha + \xi)\Delta T, \quad (1)$$

где $\Delta\lambda B$ – изменение длины волны Брэгга; $\rho\alpha$, α и ξ – коэффициенты фотоупругости, термического расширения и термооптический коэффициент волокна соответственно; $\Delta\varepsilon$ – изменение натяжения; ΔT – изменение температуры. Для обычных решеток, наблюдаемых в кварцевом волокне при $\lambda B \approx 1550$ нм, чувствительность к растяжению и температуре составляет приблизительно 1,2 пм/мк и 10 пм/°С соответственно. Оба члена уравнения (1) независимы. Это значит, что волоконные решетки Брэгга можно использовать для измерения других физических величин, таких как давление, ускорение, смещение и т.п., встроив брэгговские решетки в датчик. Технические решения на основе волоконной брэгговской решетки FBG позволили разработать технологию распределенного акустического зондирования DAS (Distributed Acoustic Sensing), основанного на выявлении изменений в отражениях световых сигналов, посылаемых в кабель лазером. Специально разработанные алгоритмы позволяют классифицировать причины изменений, основываясь на выделении обратного рассеяния из отраженного сигнала. Благодаря этому измеряемые сигнатуры могут быть преобразованы в полезную информацию.

Посредством технологии DAS любое одномодовое оптоволокно преобразуется в серию последовательно расположенных виртуальных микрофонов. При размещении волоконно-оптических кабелей вдоль железнодорожных путей появляется возможность непрерывного слежения за движением поездов и вагонов. В режиме мониторинга технического состояния подвижного состава может осуществляться непрерывный контроль излома оси колесной пары, осевой шейки или колеса, контроль дефектов поверхности катания колес подвижного состава, фиксации изломов боковой рамы вагонной тележки, фиксации трещин в рельсах.

На сортировочных станциях технология DAS может быть эффективно применена для непрерывного слежения за перемещением вагонов и локомотивов, мониторинга свободности и занятости путей.

Определение порядкового номера вагона в поезде, прибывающем на сортировочную станцию возможно при использовании отметчиков прохода колес (датчиков колес подвижного состава). В отличие

от рельсовых цепей, непосредственно устанавливающих свободу или занятость станционных путей, система счета осей конкретизирует сведения о контролируемом подвижном составе. Система регистрации прохода колес, построенная на счетчиках импульсов, позволяет однозначно фиксировать отдельные вагоны. Совместное действие системы, регистрирующей перемещение состава на конкретном пути, и системы регистрации прохода колес реализуют выполнение необходимых условий обеспечения безопасности сортировочной и маневровой работы. Благодаря объединению и совмещению данных реализуется возможность конкретной локализации вагона на определенной координате пути.

Пространственное разрешение чувствительных элементов оптического волокна может быть равным, приблизительно 10 м, которое при длине волоконно-оптического кабеля порядка 1250 м (равного длине станционного пути) обеспечивает действие примерно 125 независимых акустических датчиков, размещенных вдоль пути. Фактически осуществляется непрерывный мониторинг всего станционного пути с определением координат и регистрацией местоположения подвижных единиц, а также направления движения и длины отцепа.

Для эффективной реализации переменной скорости роспуска в системе Автоматического задания скорости роспуска АЗСР актуально оперативное использование координатно-временной информации для автоматического контроля местоположения горочного локомотива, обеспечивающей автоматическое позиционирование локомотива не только на пути надвига, но и в районах, не оборудованных системами централизованного управления стрелками и сигналами.

Еще более важно определение координат «окон» в сортировочном парке в момент их образования, для сокращения непроизводительных потерь времени и ускорения темпов работ по осаживанию или подтягиванию вагонов. Полученную информацию от напольных датчиков системы DAS о количестве и типе вагонов в движущемся отцепе можно использовать для выявления нарушений процесса нормального хода роспуска, связанного с появлением «чужаков» на путях сортировочного парка. В этом случае непрерывное слежение за отцепом будет являться дополнительным каналом получения информации в подсистеме управления прицельным торможением отцепов на спускной части сортировочной горки.

Для автоматического определения инвентарных номеров вагонов с помощью специальной компьютерной программы обработки видеоизображений возможно использование системы автоматической идентификации номеров вагонов АСКИН. Сформированный таким образом пакет данных на прибывший поезд с инвентарными номерами вагонов, автоматически передается в АСУСС для составления планов расформирования и формирования составов.

Заключение. Один кабельный распределенный акустический оптоволоконный сенсор заменяет собой сотни точечных датчиков на станционном пути и снижает потребность в отдельных системах и рельсовых цепях для мониторинга передвижений подвижных единиц.

Повышается надежность и оперативность управления расформированием составов в режиме реального времени за счет точного определения местоположения локомотивов и вагонов на станционных путях, оснащенных волоконно-оптическими кабелями системы DAS.

УДК 656.2:656.2.08

ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

С. П. ВАКУЛЕНКО, Н. П. ЖУРАВЛЕВ, М. Ю. САВЕЛЬЕВ, А. А. СИДРАКОВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Федеральным законом от 10.01.2003 № 17-ФЗ (с изменениями) установлены требования по обеспечению безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта. Закон содержит следующую трактовку понятий:

– **безопасность движения и эксплуатации железнодорожного транспорта** – состояние защищенности процесса движения железнодорожного подвижного состава и самого железнодорожного подвижного состава, при котором отсутствует недопустимый риск возникновения транспортных происшествий и их последствий, влекущих за собой причинение вреда жизни или здоровью граждан, вреда окружающей среде, имуществу физических или юридических лиц;

– обеспечение безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта – система экономических, организационно-правовых, технических и иных мер, предпринимаемых органами государственной власти, органами местного самоуправления, организациями железнодорожного транспорта, иными юридическими лицами, а также физическими лицами и направленных на предотвращение транспортных происшествий и снижение риска причинения вреда жизни или здоровью граждан, вреда окружающей среде, имуществу физических или юридических лиц.

Безопасность движения и эксплуатации железнодорожного транспорта Российской Федерации обеспечивается необходимой материально-технической, а также нормативной правовой базой, совершенствованию которой в настоящее время уделяется особое внимание. Базовым нормативным документом, регламентирующим требования безопасности движения на железнодорожном транспорте, являются Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации, обеспечивающие вместе с Инструкцией по движению поездов и маневровой работе и Инструкцией по сигнализации приемлемый уровень безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта.

За девять лет, минувших с момента их утверждения Минтранс России в 2010 г., с целью их совершенствования в ПТЭ внесено десять изменений. Тем не менее, нормативная база для решения проблем безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта требует актуализации.

За время использования их действующей редакции выявлена, в частности, необходимость:

– отражения в документах по эксплуатации железнодорожного транспорта вопросов, связанных с внедрением в практику работы железнодорожного транспорта новых технических средств инфраструктуры и подвижного состава, новых технологических решений, в частности, внедрения цифровых технологий;

– совершенствования формы и содержания нормативных документов по эксплуатации железнодорожного транспорта в целях более удобного поиска нужных предписаний и лучшего их усвоения работниками железнодорожного транспорта;

– исключения из действующих Правил технической эксплуатации элементов непрямого действия (ссылок на безадресные нормы и правила);

– приведения в соответствие со стандартами трактовки ряда терминов;

– координации участников пространства 1520 по согласованию ряда позиций технической эксплуатации железнодорожного транспорта.

Предмет нормативного регулирования ПТЭ: система технической и производственной эксплуатации железнодорожного транспорта РФ, как указано в Технических регламентах, находится в сфере железнодорожного законодательства.

С другой стороны, безопасность движения на железнодорожном транспорте является сферой интересов Системы технического регулирования, действующей на основании Федерального закона от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании», и в соответствии с ним регулируются вопросы эксплуатации инфраструктуры и подвижного состава.

Должны быть уточнены понятия и термины в области стандартизации, связанные с эксплуатацией объектов. Эксплуатация изделия – стадия жизненного цикла изделия с момента принятия его потребителем от предприятия-изготовителя или ремонтного предприятия до отправки в ремонт или списания (ГОСТ 2.601–2013).

Эксплуатация – стадия жизненного цикла, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество. Эксплуатация подразделяется на две составляющие: использование машин по назначению (производственную эксплуатацию) и техническую эксплуатацию. Производственная эксплуатация (использование по назначению) – это применение продукции (машины) для целей, предусмотренных техническими условиями и инструкциями, утвержденными поставщиком. Техническая эксплуатация включает транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт машины (ГОСТ 25866–83). Цель технической эксплуатации – обеспечение машин работоспособным или исправным состоянием.

Постановлением Правительства РФ от 26 декабря 2014 г. № 1521 утвержден перечень разделов национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». В этот перечень включены разделы свода правил СП 119.13330.2017 «Железные дороги колеи 1520 мм» и свода правил СП 37.13330.2012 «Промышленный транспорт», имеющие в связи с этим статус обязательного применения. Это дает воз-

возможность использования указанных Сводов правил на этапе технической эксплуатации железнодорожного транспорта.

Таким образом, требования к эксплуатации объектов железнодорожного транспорта в части обеспечения безопасности движения и связанных с ней процессов технической эксплуатации устанавливаются законодательством о железнодорожном транспорте государств – членов Таможенного союза (как предусмотрено его железнодорожными Техническими регламентами), а также Сводами правил, поддерживающими Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений».

Принятая в действующих ПТЭ структура, включающая общую часть и многочисленные приложения, является неудобной для пользователя, создающей проблемы при поиске необходимой информации. К тому же приемлемый объем новой редакции ПТЭ не может включить всю необходимую эксплуатанту информацию при возрастающей сложности устройства технических средств железнодорожного транспорта и правил их эксплуатации.

Поэтому нормативные документы, расширяющие компетенции работников железнодорожного транспорта в сфере их занятости, предлагается включать в электронную информационную базу поддержки новой редакции документа. Порядок ее формирования, содержание и порядок актуализации документов, доступа в нее работников железнодорожного транспорта определяет владелец инфраструктуры.

Информационная база размещается в Интернете на сайте ОАО «РЖД». Она, с одной стороны, обеспечивает поддержку новой редакции документа в проблемных ситуациях, а с другой – используется как образовательный ресурс в Системе дистанционного образования ОАО «РЖД». В новом документе по регулированию безопасности стоят задачи разработки конструктивных принципов их построения и содержательного наполнения, устанавливающих необходимые и достаточные требования, выполнение которых гарантирует устранение неработоспособного до работоспособного или исправного состояния объектов инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта, в частности, в ходе технического обслуживания и текущего ремонта.

Он должен строиться с учетом механизма «регуляторной гильотины», направленного на выявление наиболее значимых общественных рисков и их снижение до приемлемого уровня безопасности движения. Ространснадзор определил, что в сфере железнодорожного транспорта в рамках реализации механизма «регуляторной гильотины» будет пересмотрено 800 нормативных документов. И, по-видимому, на первом месте в их числе находится документ по безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, как обозначила проблему статья 20 закона 17-ФЗ.

Активную работу в ОАО «РЖД» по определению перечня документов, подлежащих актуализации, проводят Департамент технической политики и Департамент безопасности движения.

Новая редакция документа должна включать основные положения действующих ПТЭ и основы организации экосистемы безопасности. При этом должно учитываться, что владельцы инфраструктуры и подвижного состава должны иметь эксплуатационную и ремонтную документацию на принадлежащие им объекты, чтобы не включать в документ избыточные требования к конструкции подвижного состава и инфраструктуры.

Список литературы

1 Журавлев, Н. П. Нормативная база пространства 1520: предложения по усовершенствованию / Н. П. Журавлев // Транспорт Российской Федерации. – № 1 (38). – С. 41–46.

УДК 656.6

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Т. А. ВОЙЧЕНКО

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Современный этап характеризуется непрерывным ростом интенсивности морского судоходства, сопровождающимся увеличением количества аварийных ситуаций. При этом к одним из самых серьезных последствий для экологии чаще всего приводят именно столкновения, что свидетельствует о наличии проблем в организации движения флота, особенно в прибрежных районах, прилегающих к морским портам.

Наиболее эффективным средством обеспечения безопасности плавания вблизи суши считается система управления движением судов (СУДС). Но поскольку реализация ее основных функций выполняется операторами Центра, которые непосредственно осуществляют управление, то имеет место влияние «человеческого фактора» на процесс принятия решений и, как следствие, на безопасность судоходства. К главным недостаткам подобных систем целесообразно отнести также ограниченность зоны действия (в пределах акватории морского порта), стационарность размещения («привязка» к берегу и расположенным на нем службам), громоздкость, сложность применяемых процедур, требующих дорогостоящего специализированного оборудования и разветвленной инфраструктуры энергоснабжения. А с учетом того, что приоритетные мероприятия, призванные повысить безопасность судоходства в прибрежных зонах, подразумевают совершенствование технической оснащенности СУДС, стоимость и размеры оборудования системы будут только увеличиваться. Между тем явно недостаточно внимания уделяется улучшению в морских портах информационно-технологической базы транспортной системы как хорошей альтернативы ее технической модернизации.

В настоящее время наибольшие риски при плавании в районе морских портов связаны с движением маломерного флота, вопросы администрирования которого пока остаются не урегулированными. В частности перевозку пассажиров маломерным флотом на регулярных линиях в порту регламентируют Международные правила МППСС-72, обязательные постановления начальников морских торговых портов, а также иные нормы, обеспечивающие безаварийность плавания, безопасность нахождения людей на воде и охрану окружающей среды. Однако никаким документом невозможно описать все ситуации, складывающиеся на участках с интенсивным судоходством. Движение маломерного флота, отличающееся спецификой, не контролируется СУДС и, следовательно, рассматривается в качестве фактора, создающего помехи для основного судоходства около морского порта. Ведь уровень безопасности судоходства во многом зависит от опыта, индивидуальных особенностей и психофизиологического состояния плавсостава. Надлежащая организация движения маломерного флота позволит устранить действующие ограничения по плаванию и тем самым повысит безопасность судоходства в акватории порта. С этой целью целесообразно применять специальные информационно-технологические средства реализации мобильных СУДС.

Информационное обеспечение транспортных процессов на море подразумевает эффективное управление (плановое и оперативное) с использованием передовых информационных технологий (ИТ) и средств их поддержки. Главный элемент администрирования – информационная инфраструктура, базирующаяся на методах логистики и достижениях прогресса в области обмена данными. В последние годы было предложено несколько крупномасштабных проектов, предполагающих применение современных ИТ с целью развития мультимодальных перевозок, включая морские, однако в целом уровень информатизации по-прежнему достаточно низкий. Следовательно, главную цель исследования, призванного придать импульс развитию транспортных процессов, можно сформулировать так: поиск новых подходов к устранению проблем информационного сопровождения и создание эффективных принципов администрирования, отвечающих требованиям безопасности.

С точки зрения теории управления и принятия решений распространенные методы обеспечения безопасности судоходства делятся на две группы:

I – судоводительские, помогающие выполнять надлежащие операции на борту конкретной единицы флота с целью ее передислокации из порта отправления в пункт назначения в кратчайшие сроки и без причинения вреда людям, грузу и судну;

II – экспертные (к ним относят СУДС), предназначенные для применения на макроуровне, когда необходимо задействовать специально созданную береговую инфраструктуру, нормативно-организационные ресурсы, применить особое структурирование морских районов.

Экспертные методы позволяют комплексно повысить безопасность судоходства, выступая как средство дополнительной помощи специалисту. К их недостаткам следует отнести:

- невозможность учитывать все тонкости работы судоводителя;
- низкая степень информатизации и формализации процедур принятия решений;
- проблемы с программным обеспечением базы данных, возникающие из-за трудностей формализации эвристических знаний экспертов;
- описание только последовательности шагов, сделанных в ходе поиска решений, и неспособность их обосновывать;
- необходимость постоянного привлечения инженеров для отладки, тестирования и поддержания системы в актуальном состоянии.

Таким образом, перспективный путь повышения безопасности судоходства – поиск новых подходов к организации эффективных информационных систем оказания помощи в судовождении. В настоящее время проводится значительное количество исследований в области искусственного интеллекта, основная цель которых – реализация автоматизированных, а в перспективе – полностью автоматических технологий транспортных перевозок. Система управления, основанная на знаниях, в отличие от экспертной, предназначена не для выработки предложений (консультаций), а для контроля и администрирования объектов. Функционируя в непрерывном режиме, она взаимодействует непосредственно с динамическим объектом (в рассматриваемом случае – транспортным средством), которым управляет, а не с человеком-оператором.

В данном контексте ряд авторов предлагают применять модель интеллектуальной информационной СУДС, использующую кодовые методы представления путевых сведений. Подобные специальные территориально локализованные системы называют мобильными (МСУДС). В них информационно-технологическое сопровождение транспортных процессов базируется на глубокой формализации процедур управления, что при администрировании позволяет в большей степени реализовывать потенциал ИТ, передовой вычислительной, навигационной и телекоммуникационной техники, включая малогабаритные устройства. Особенности МСУДС – локальность площади подконтрольной акватории, которая зависит только от возможностей современных технических средств; оперативность, быстрота развертывания и прекращения действия; простота оперирования и мобильность (легкое перемещение аппаратуры при водном и береговом базировании). Кроме того, в системе сведено к минимуму влияние «человеческого фактора» на принятие решений, ведь оператор Центра (расположенного на одном из судов, например флагманском, или в помещении береговой диспетчерской службы) исключен из основного контура управления, он осуществляет общий контроль и оперативное (динамическое) администрирование в случае нештатной ситуации. МСУДС не требует значительных технических и энергетических ресурсов. Она может быть выполнена на базе стандартных технических средств и систем (ТВ, РЛС, САРП, АИС, ГМССБ, ПЭВМ, GSM); не критична к району дислокации; способна обеспечить безопасность на любых участках (включая прибрежные, а также удаленные морские акватории) с интенсивным судоходством, на которые не распространяется действие стационарных СУДС. Комбинированное применение стационарных и мобильных СУДС, перспективных телекоммуникационных и навигационных технологий не только расширит функциональные возможности традиционных систем (в том числе спектр услуг по безопасной проводке флота), но и устранил территориальные ограничения их использования, повысив маневренность. СУДС и МСУДС при взаимодействии целесообразно рассматривать как составные части единой мультимодальной ассоциативной транспортной системы (МАТС) морского порта.

Использование программного комплекса МСУД облегчает управление флотом на контролируемой акватории в сложных условиях, способен существенно снизить риск сближения судов при ограниченной видимости и/или при наличии в анализируемом районе плохо различаемых объектов, и может найти практическое применение на морском и речном флоте при решении задач обеспечения безопасности на участках с интенсивным судоходством.

УДК 656.224(–214)

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРИГОРОДНО-ГОРОДСКОГО СООБЩЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ТАКТОВОГО ДВИЖЕНИЯ

П. В. ГОЛУБЕВ, М. Ю. ТЕЛЯТИНСКАЯ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

В настоящее время пригородные железнодорожные перевозки для столичной магистрали имеют особую социальную значимость. Железная дорога активно интегрируется в городскую транспортную систему Москвы и ближайших районов Подмосковья, и железнодорожный транспорт преобразуется из пригородного в пригородно-городской, в связи с чем разработка и оценка мероприятий для повышения эффективности пригородных железнодорожных перевозок в Московском транспортном узле за счёт организации новых диаметральных связей железнодорожных направлений с необходимой интенсивностью движения является актуальной задачей.

Пригородные перевозки пассажиров занимают значительное место в работе участков на расстоянии до 30–40 км от головных станций. Расположение вблизи железной дороги крупных населенных пунктов определяет значительный пассажирооборот пригородных остановочных пунктов.

Длина железнодорожных линий в пределах границ г. Москвы составляет более 340 км. На территории Москвы функционирует около 150 станций и остановочных пунктов (включая и пассажирские станции) для пригородно-городских пассажиров. Существует скоростное сообщение с тремя основными аэропортами Москвы (аэроэкспрессы). Согласно планам развития Московского железнодорожного узла, в 2020 году объем пригородных перевозок железнодорожным транспортом составит 1,3 млрд пассажиров в год.

Оборот электропоездов по конечным станциям диаметров будет сниматься и замещаться большим количеством пригородно-городских поездов, оборачиваемых по данным станциям.

Путевое развитие конечных станций для оборота пригородно-городских электропоездов должно проектироваться согласно разработанной технологии работы с пригородно-городскими поездами.

Особенностью первых диаметров является отсутствие моторвагонного депо и достаточного количества путей оборота и отстоя на одной из конечных станций диаметра (ст. Одинцово и Подольск). И хотя на этих станциях в настоящее время производится оборот нескольких десятков пригородных поездов, существующее путевое развитие может оказаться недостаточным для организации оборота при планируемой частоте движения в часы пик.

Рассмотрим на примере участка МЦД-1 организацию движения пригородно-городских поездов. Организацией движения на участке предусматривается обеспечение пропуска пригородно-городских поездов по I и II главным путям со всеми остановками по станциям участка МЦД-1. При этом пригородно-городские электропоезда следуют по I и II главным путям совместно с пригородными поездами дальних зон, обеспечивая совокупно на рассматриваемых участках привлекательно-удобные для пассажиров интервалы движения 5 минут.

График движения поездов по рассматриваемому диаметру МЦД-1 разработан согласно проектируемой технологии работы с поездами всех категорий, пропускной способности существующей инфраструктуры, обеспечения расчетных объемов перевозок и запланированных мероприятий для оборота и отстоя пригородно-городских поездов. Интервал между пригородно-городскими поездами определен в соответствии с разработанным графиком движения поездов на 2019 год и составляет 5 минут. Технологический перерыв, необходимый для выполнения ремонтно-строительных работ, продолжительностью 2 часа, переносится на ночное время.

Вследствие недостаточного количества зонных путей на станции Одинцово необходимо разработать на расчётные размеры движения несколько вариантов графиков движения поездов: 1-й вариант – с организацией засыльных поездов на участке Одинцово – Москва-Пассажирская-Смоленская; 2-й вариант – без организации засыльных поездов на данном участке.

Технология пропуска пригородно-городских электропоездов разработана с учетом пропускной способности существующей инфраструктуры рассматриваемого участка. Оборот пригородно-городских поездов, следующих в тактовом режиме с 5-минутным интервалом (12 поездов в час), предусматривается на станциях Одинцово и Лобня. Пропуск пригородно-городских поездов осуществляется по I и II главным путям участка Одинцово – Москва-Пассажирская-Смоленская – Москва-Бутырская – Лобня со всеми остановками параллельным графиком. На начальном этапе организации интенсивного движения пригородно-городских поездов, обслуживание пригородно-городского движения будет производиться согласно информации ОАО «Центральная ППК» 5-вагонными поездами Иволга ЭГ2Тв. В зависимости от величины пассажиропотока составность электропоезда может быть увеличена до 14 вагонов. На участке Москва – Одинцово по III и IV путям будет производиться пропуск скорых пригородных поездов назначением Москва – Одинцово, Москва – Усово и дальних пассажирских поездов с обслуживанием их в Пассажирском парке станции Москва-Пассажирская-Смоленская. Дальние пассажирские и скорые пригородные поезда на участке Москва – Одинцово, вследствие параллельного графика движения будут иметь увеличение времени хода. Оборот пригородно-городских поездов организуется на станциях Одинцово и Лобня.

При этом при существующей технологии оборота электропоездов на зонных путях требуется по расчету по два приёмно-отправочных пути, расположенных у платформ.

По прибытию поезда на путь приема (2,35 минуты) производится высадка пассажиров (2 минуты), затем прокладывается маршрут на путь оборота (0,15 минуты). Проводится сухая уборка вагонов (10 минут), перестановка поезда на путь оборота (1,2 минуты), смена кабины управления (5 минут), внутренний осмотр вагонов (7 минут), сокращенное опробование тормозов (6 минут), приготовле-

ние маршрута на путь отправления (0,15 минуты), перестановка поезда на путь отправления (1,2 минуты), открытие дверей и посадка пассажиров (2 минуты).

Таким образом, для обеспечения минимальных интервалов на станции Одинцово требуется сооружение дополнительного приёмно-отправочного пути для пригородно-городских поездов и сооружение парка отстоя минимум на три пути.

УДК 656.08

ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИННОВАЦИЙ В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

А. М. ДАВЫДОВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Надежное обеспечение безопасности транспортных систем является одним из ключевых приоритетов устойчивого развития многих стран мира. В Российской Федерации это неотъемлемая составная часть её обороноспособности и национальной безопасности. Содержание государственной политики в области обеспечения транспортной безопасности, программы ее реализации и формирование и приведение в действие механизма ее исполнения изложены в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года¹⁾. Достичь безопасного уровня функционирования инфраструктурных объектов транспорта, повысить уровень соответствия транспортной системы передовым техническим, технологическим, организационным и управленческим решениям возможно путём активного внедрения инноваций.

Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), реализуя свою миссию базового центра научного сопровождения развития транспортной отрасли России, осуществляет мониторинг изменений состояния и тенденций развития технологических решений на транспорте, в том числе в сфере безопасности транспортных систем.

В докладе представлены результаты статистического анализа глобальных реферативных данных международных патентных баз (Google Patents, WIPO), позволяющие выявить глобальные технологических ритмы, различные характеристики мировых и региональных рынков интеллектуальной собственности, оценить скорость генерации новых технических и технологических решений, определить ключевые направления диффузии инноваций, а также прогнозировать перспективные направления исследований и разработок в сфере обеспечения безопасности транспортных систем.

На 11.09.2019 г. по термину «(security system for transport)» поисковая система Google Patents находит 59628 патентных записей. На рисунке 1 представлена динамика регистрации первых 1000 патентов по их релевантности. Нижняя часть диаграммы отражает состав TOP-5 предметных областей изобретений (по кодам международной патентной классификации – CPCs).

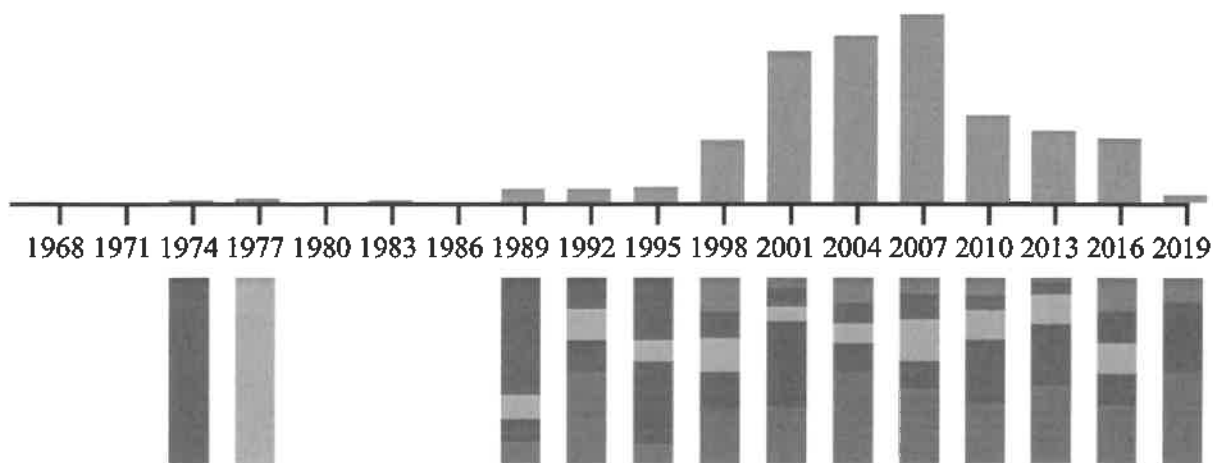


Рисунок 1 – Динамика регистрации патентов в сфере безопасности транспортных систем

¹⁾ Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года № 1734-р.

Большая часть изобретений касается обработки цифровых данных (62,9 %), а также техники электрической связи (56,9 %). Прослеживаются явно выраженные закономерности волнообразного роста патентной активности, которые можно интерпретировать как проявление «технологических ритмов» коррелирующих во времени с началом очередного «технологического прорыва». В рассматриваемом временном интервале 2001–2007 гг. это развитие информационно-коммуникационных технологий. Наиболее активными правопреемниками объектов интеллектуальной собственности в этой области являются крупные компании Accenture Llp – 6,3 %; SkyBell Technologies, Inc. – 2 %; Qwest Communications International Inc. – 1,8 %; Digital Doors, Inc. – 1,3 %; Microsoft Corporation – 1,1 %.

Начиная с 2010 г., несмотря на бурную цифровизацию транспортной отрасли, наметился явный спад патентной активности, который продолжается и в настоящее время. Возможно, требуется время для того, чтобы новейшие технологии (беспилотные транспортные системы, гибридный и сверхскоростной транспорт) получили новые инновационные решения, отвечающие возрастающим требованиям к безопасности транспортных систем.

Если рассматривать данную проблему применительно к России, то можно отметить следующие особенности. Число патентных записей Роспатента, связанных с обеспечением безопасности транспортных систем, составляет 23853 (40 % от общего числа международных патентных записей). Динамика регистрации 1000 российских патентов показана на рисунке 2.

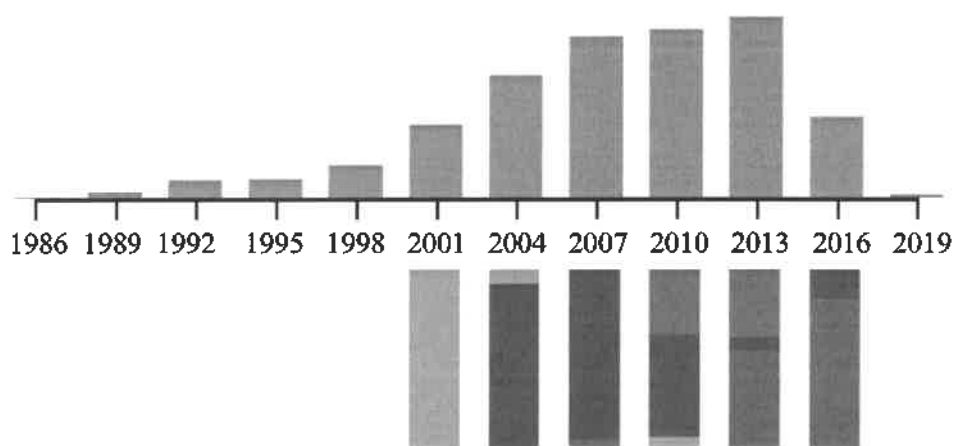


Рисунок 2 – Динамика регистрации российских патентов в сфере безопасности транспортных систем

В отличие от статистики глобальных баз патентов, в России большая часть из числа ТОП-5 релевантных изобретений касается техники электрической связи (12,8 %), далее обработки цифровых данных (7,9 %) и собственно транспортных средств (4,2 %). В числе лидеров-правообладателей патентов физические лица (Олег Савельевич Кочетов) – 4,2 %, ООО «АЛЬТОНИКА» – 4,7 %; ОАО РЖД – 2,1 %; Оренбургский государственный университет – 1,9 %.

Как ожидается, ОАО РЖД направят на внедрение цифровых технологий на железнодорожном транспорте около 150 млрд рублей до 2025 года¹⁾. Это стимулирует активность в сфере транспортной безопасности ведущих профильных научных центров – РУТ(МИИТ), ВШЭ, РАНХиГС, инновационный центр «Сколково». Создаются специализированные организации, работающие под государственным патронажем и с госучастием, такие как ассоциации «Цифровизация транспорта и логистики» и «Цифровая эра транспорта», ФГУП «Безопасность цифровых транспортных систем», ООО «Исследовательский центр ФТК» и пр²⁾.

Транспортная наука ожидает активной поддержки со стороны государства и бизнеса, но и сама не стоит на месте. Свидетельство тому широкий круг проблем, обсуждаемых ведущими учёными и специалистами транспорта на международных научно-практических конференциях «Проблемы безопасности на транспорте».

¹⁾ URL: <https://tass.ru/ekonomika/5815983> (дата обращения : 11.09.2019).

²⁾ URL: <https://www.lobanov-logist.ru/library/352/63939/> (дата обращения : 11.09.2019).

ПРОФЕССИОНАЛЬНО КОМПЕТЕНТНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ БЕЗОПАСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

П. Г. ДЕМИДОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Основной целью современной высшей школы является подготовка профессионально компетентного специалиста. Наличие заказа на подготовку будущих специалистов, обладающих необходимым уровнем профессиональной компетентности в условиях современного информатизированного общества, делает уже необходимым использование современных инновационно-образовательных сред при подготовке профессионально компетентного, способного креативно и инновационно мыслить специалиста.

Всё вышесказанное во многом зависит от преподавательского корпуса, который на сегодняшний день должен отличаться новым, аналитическим, проектно-конструктивным характером мышления, направленным на совершенствование практики обучения курсантов и студентов. Для выхода образования на новый более качественный уровень нужно уже сегодня резко увеличить эффективность труда преподавателей, а с нею и качество обучения.

Наряду с целями, содержанием, формами и методами обучения средства обучения являются одним из главных компонентов дидактической системы.

Главная задача преподавателя заключается в том, чтобы сделать дисциплину интересной для обучаемого.

Использование современных обучающих мультимедийных технологий требует использования современных технических средств обучения, которые позволяют: обогатить педагогический, технологический инструментарий преподавателя; автоматизировать процессы администрирования, избавляет от рутинной работы. Способствуют повышению методического мастерства профессорско-преподавательского состава; появлению нового электронного педагогического инструментария; использованию электронных учебных программ, тестов, упражнений.

В настоящее время происходит переход от e-learning к Smart (англ. – умный, сообразительный, энергичный) e-learning и Smart Education (умное образование). Концепция Smart-образования – гибкость, предполагающая наличие большого количества источников, максимальное разнообразие мультимедиа, способность быстро и просто настраиваться под уровень и потребности слушателя.

Широкое применение ТСО в процессе обучения обусловлено, во-первых, исключительно сильным эмоциональным воздействием на обучающихся; во-вторых, необходимостью повышения производительности труда преподавателей и обучающихся в связи с непрерывным увеличением объема знаний, умений и навыков, которые необходимо усвоить при стабильных сроках обучения; в-третьих – широким применением новых педагогических технологий, осуществление которых невозможно без соответствующих технических средств обучения.

Технические средства обучения – это устройства, помогающие преподавателю обеспечивать обучаемых учебной информацией, управлять процессами запоминания, применения и понимания знаний, контролировать результаты обучения.

Современное оборудование – это широкий спектр высокоэффективных технических средств обучения. Существуют следующие виды ТСО: информационные, программированного обучения, контроля знаний, тренажеры и комбинированные.

С этой целью на военно-транспортном факультете создан класс инновационных технологий (рисунок 1), который оснащён: интерактивным дисплеем, 3D-принтером, компьютерами, ноутбуком, учебными макетами и натурными образцами.

В классе проводятся теоретические и практические занятия по учебным дисциплинам, работа военно-научного общества курсантов и студентов, самостоятельная подготовка обучающихся. В классе могут проводиться встречи с интересными людьми, тематические вечера и лектории, конференции и семинары, в том числе и online.

Использование технических средств обучения это не дань моде, не способ переложить на плечи компьютера и другой техники многогранный творческий труд преподавателя, а лишь одно из средств, позволяющее интенсифицировать образовательный процесс, активизировать познавательную деятельность, увеличить эффективность проведения занятий.

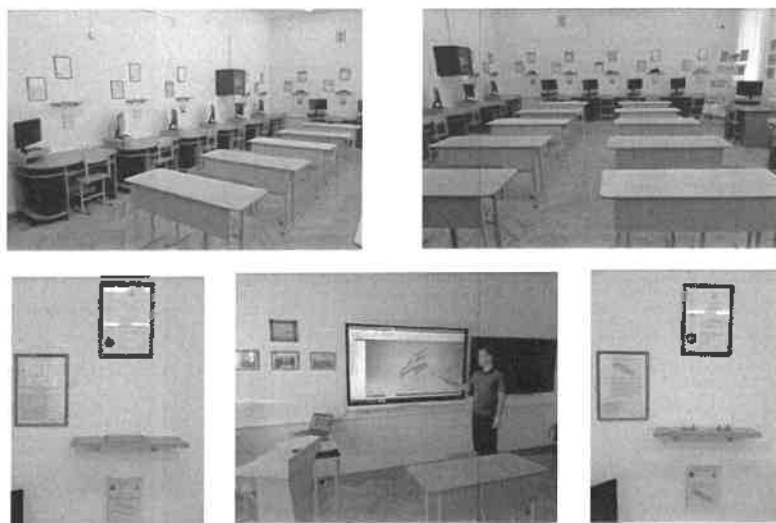


Рисунок 1 – Класс инновационных технологий

Одним из современных технических средств обучения является интерактивный дисплей.

Уже стало нормой проведение учебных занятий с использованием мультимедийных презентаций, сделанных в таких программных пакетах, как Microsoft Power Point или Macromedia Flash. Однако, наряду с привычными презентационными технологиями (Microsoft Power Point, Macromedia Flash), в сферу образования проникают новые, так называемые, интерактивные технологии, которые позволяют уйти от презентации в виде слайд-шоу.

Новая форма подачи материала с помощью интерактивного оборудования (интерактивные доски SMART Boards, интерактивные дисплеи Symposium) представляет собой презентацию, создаваемую докладчиком во время своего выступления – презентацию, создаваемую здесь и сейчас. На интерактивных досках SMART Boards можно писать специальным маркером, демонстрировать учебный материал, делать письменные комментарии поверх изображения на экране. При этом все написанное на интерактивной доске SMART Board передается учащимся, сохраняется на магнитных носителях, распечатывается, посылается по электронной почте отсутствующим на занятии учащимся. Учебный материал, созданный во время лекции на интерактивной доске SMART Board, записывается встроенным видеорекордером и может быть многократно воспроизведен.

Во время работы на интерактивных досках улучшается концентрация внимания у учащихся, быстрее усваивается учебный материал. Внедрение новых технологий в сферу образования ведет за собой переход от старой схемы репродуктивной передачи знаний к новой, креативной форме обучения. Одна из главных задач современного образования – это создание устойчивой мотивации учащихся к получению знаний, другая – поиск новых форм и инструментов освоения этих знаний с помощью творческих решений.

С приходом в образовательный процесс 3D-принтеров появилась возможность изготовления 3D-моделей. 3D-моделирование позволяет перенести чертежи 2D, представив будущий объект в объеме. Ни одна, даже самая подробная техническая документация не способна обеспечить точное воспроизведение физических свойств объекта, даже если проработана детально. Именно изготовление 3D-модели позволяет наглядно и доступно отобразить объект со всех сторон, с возможностью ознакомления с мельчайшими элементами.

3D-принтеры в образовании – это отличная возможность для развития пространственного мышления и творческих навыков. Практическое моделирование кардинально меняет представление обучаемых о различных предметах и делает более доступным и понятным процесс обучения. Кроме того, создание чего-либо своими руками поможет переступить порог привычного для нашего общества пассивного потребления типовых товаров к воплощению своих идей в реальность.

Для изготовления 3D-моделей используется масса компьютерных программ, таких как Autodesk AutoCAD, Descreet 3-D Studio MAX, Graphisoft ArchiCAD, Viz и т.п.

Таким образом, применение в образовательном процессе инновационных технических средств обучения будет способствовать качественной подготовке профессионально компетентного специалиста в современных условиях.

ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК ПРИ ВНЕДРЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

А. В. ДУБИНА, С. В. ГРИГОРЬЕВ, О. В. МЛЯВАЯ

Конструкторско-технический центр Белорусской железной дороги, г. Минск

Обеспечение безопасности движения поездов является необходимым условием устойчивой работы железнодорожного транспорта. ГО «Белорусская железная дорога» и организации, входящие в его состав, уделяют первоочередное внимание данному аспекту деятельности железнодорожного транспорта. Для реализации задач обеспечения безопасности руководством Белорусской железной дороги ежегодно утверждается План мероприятий по организации планово-предупредительной системы обеспечения безопасности движения поездов, в состав которого входит более восьмидесяти мероприятий по двенадцати основным направлениям, начиная с анализа и прогнозирования факторов, влияющих на безопасность движения, и заканчивая мероприятиями по обеспечению безопасности движения в отдельных хозяйствах дороги.

Постоянное совершенствование предприятиями Белорусской железной дороги технологических процессов и технических средств, обеспечивающих безопасность движения поездов, приводит к тому, что в причинах аварийности доля человеческого фактора по локальным производственным процессам возрастает. Именно по этой причине в качестве перспективных направлений работы Белорусской железной дороги в 2019 году предусмотрены автоматизация и цифровизация перевозочного процесса, развитие «безлюдных» и «малолюдных» технологий его организации, совершенствование технологического обеспечения и оптимизация системы управления эксплуатационной работой.

На железнодорожном транспорте управление движением поездов осуществляется оперативным персоналом службы перевозок, основным производственным звеном которого является поездной диспетчер. В его работе помимо точности самостоятельных управляющих действий требуется точность передачи распоряжений оперативному персоналу станций участка, машинистам, а также максимальная сосредоточенность и контроль всех процессов, глубокий анализ ситуации и способность делать прогноз развития поездной ситуации на перспективу. В пике высокой интенсивности движений от диспетчера требуется еще и скорость принятия решения, а в случае аварий, нарушений в работе технических средств управления, неисправности транспортных средств и нарушения графика движения – объем и скорость работы нелинейно возрастают. В такие режимы работы диспетчера массово могут наблюдаться ошибки, возникающие по причине нарушения восприятия информации, усталости, забывчивости, рассеянности; слишком быстрые или слишком медленные действия, нарушение требуемой последовательности действий; ошибки из-за неспособности выполнить требуемое действие по причине сильной растерянности, оцепенения, испуга.

Исходя из мер повышения уровня безопасности движения, которые реализуются на Белорусской железной дороге, число операций, выполняемых поездным диспетчером и подлежащих автоматизации, должно быть максимизировано. Эта тенденция и наблюдается в технологическом и организационном развитии Центра управления перевозками Белорусской железной дороги. При этом для ускорения времени ликвидации отказов технических средств, при анализе причин их возникновения, контроле качества планировании и регулировании технологических процессов, весомая роль, помимо диспетчера, отдается автоматизированным системам, задача которых заключается в исключении ошибочных действий человека-оператора.

В настоящее время важным аспектом обеспечения дополнительной надежности автоматизированной системы является то, что разработка таких комплексов программных продуктов и технических систем обеспечения их работы, сосредотачивается в одном структурном подразделении. Такой подход обеспечивает снижение вероятностей ошибок, которые могли бы возникнуть в результате различной несовместимости программных и технических средств автоматизированной системы.

В составе ГО «Белорусская железная дорога» функции разработки, проектирования и строительства под ключ автоматизированных систем и их комплексов возложены на Конструкторско-технический центр, который реализует охарактеризованную выше концепцию в создании и постоянном развитии Автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

Одной из последних по времени внедрения систем, разработанных в составе АСУТП и направленных на устранение отмеченных ранее факторов в работе поездного диспетчера, является Автоматизированная система управления движением поездов, с принятым обозначением АУДП.

АУДП осуществляет решение следующих задач:

- оперативное планирование поездной работы на участках Белорусской железной дороги на основе автоматизированного контроля и выполнения планового графика движения поездов;
- автоматизация функций диспетчерского управления, диспетчерского контроля и моделирования движения поездов на участках и полигоне дороги;
- автоматизация управления поездными маршрутами на станциях участка с использованием прогнозных ресурсов автоматизированной системы ГИД «Неман».

Внедрение АУДП обеспечивает реализацию очередного этапа автоматизации основного элемента управления перевозочным процессом – управление движением поезда, а также обеспечивает еще большее сокращение доли ручных операций труда диспетчерского аппарата.

Посредством автоматизации анализа поездного положения на участке, анализа отказов в работе технических средств и объектов станций, на основании сбора, обработки и предоставления информации об их текущем состоянии оперативному персоналу, АУДП обеспечивает:

- повышение безопасности и улучшение показателей выполнения графика движения поездов;
- повышение оперативности и улучшение условий труда оперативного персонала за счет расширения технологических возможностей управления станционными объектами.

Новая технология визуализации оперативной обстановки района управления позволит оперативному персоналу совершенствовать планирование поездной и местной работы с сокращением количества оборудования автоматизированного рабочего места (АРМ) поездного диспетчера.

Использование данной системы позволяет диспетчеру задать план поездного положения на участке на несколько часов вперед с помощью модели ГИД «Неман». Автодиспетчер распознает заданный план, формирует команды на приготовление маршрутов по станциям и участкам и приводит их в исполнение, согласно заданному плану. Тем самым система обеспечивает сокращение доли ручных функций труда диспетчерского аппарата, а за счет расширения технологических возможностей управления станционными объектами улучшает условия труда оперативного персонала, снижая его загрузку – основного фактора обеспечения безопасности диспетчером на участке.

Организация поездной и маневровой работы на станциях и прилегающих перегонах осуществляется поездным диспетчером путем посылки команд телеуправления объектам СЦБ с АРМ АУДП.

В общем виде последовательность действий АУДП можно представить в виде следующих этапов:

- 1) на основании плана пропуска поездов и с учетом фактической их дислокации формируются очереди заданий на установку поездных маршрутов по станциям участка;
- 2) по каждому заданию осуществляется экспертиза по критериям:
 - соответствие специализации пути пропуска, включая вид тяги, поезду;
 - соответствие длины пути и поезда при наличии стоянки;
 - выполнение условий безопасности при задании маршрута;
- 3) при выполнении всех трех условий, команда отправляется для исполнения;
- 4) после фактического исполнения команды система переходит к следующей команде в соответствии с очередью.

В работе программное обеспечение системы АУДП взаимодействует с сервером импульсов ДЦ «НЕМАН» (получение известительных импульсов ТС по станциям участка и отправка управляющих команд), программным обеспечением ГИД «НЕМАН» для автоматизации построения графика исполненного движения на участках железной дороги и модулем справок (получение справок по поездам участка).

Следует отметить тот факт, что внедрение АУДП является лишь очередным этапом эволюции АСУТП. Динамичность и нестандартность процессов отказа технических средств и нарушений технологий работы железнодорожного транспорта требуют регулярной статистической обработки данных и постоянного профессионального сопровождения в форме процессного подхода к повышению уровня безопасности движения поездов. В области профессиональных знаний совершенствование должно идти в направлении развития методов анализа безопасности перевозок и функционирования технических средств, методов нормирования показателей безопасности движения поездов, а также методов доказательства соответствия фактических и нормируемых значений этих показателей.

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТЕХНИЧЕСКИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЯХ

А. А. ЕРОФЕЕВ, О. И. БИК-МУХАМЕТОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. Б. МАКРИДЕНКО

Белорусская железная дорога, г. Минск

Одним из наиболее эффективных средств повышения безопасности производственных процессов является повышение уровня автоматизации с минимизацией или исключением из производственного процесса человеческого фактора. Однако на технических железнодорожных станциях как процедуры разработки планов, так и реализации управленческих решений остаются за человеком. В ряде случаев человек вынужден выполнять технологические операции, находясь в опасных зонах и подвергая риску свое здоровье и жизнь. К таким операциям относятся закрепление составов, объединение/разъединение тормозных магистралей вагонов, контроль за выполнением маневровых передвижений составителями поездов и др. В связи с этим актуальной для железнодорожного транспорта задачей является переход от автоматизированных (информационно-справочных) систем управления станцией к интеллектуальным автоматическим системам управления.

На зарубежных железных дорогах накоплен большой опыт создания и эксплуатации автоматических станций. Наиболее широкое внедрение в мире получили две системы автоматизации технических станций: MSR-32 (Германия) и DDC-III (США).

На базе системы MSR-32, производства компании Siemens, работают такие крупные автоматические станции, как Мюнхен-Северный и Машен в Германии, Цюрих-Лимматталь в Швейцарии, Антверпен-Северный в Бельгии, Тампере в Финляндии, Вена-Сортировочная в Австрии и ряд других. Первой технической станцией, в работу которой внедрена система MSR-32, адаптированная к требованиям железных дорог колеи 1520, стала станция Вайдотай в Литве. Самым крупным объектом применения данной системы на пространстве железных дорог стран СНГ на данный момент является станция Лужская (Российская Федерация).

Государственное объединение «Белорусская железная дорога» стремится также не отставать от современных тенденций в деятельности транспорта. В 2019 году по ее заказу учеными Белорусского государственного университета транспорта разработаны технические требования на Интеллектуальную систему автоматического управления технической станцией (ИСАУС). В соответствии с заданием ИСАУС должна обеспечивать максимально возможный уровень автоматизации всех технологических процессов с учетом всех современных тенденций в области автоматизации технологических процессов на железнодорожном транспорте. ИСАУС рассматривается как важнейший из элементов Интеллектуальной системы управления перевозочным процессом Белорусской железной дороги.

ИСАУС должна решать следующие задачи:

- автоматическое формирование планов поездной, маневровой и грузовой работы, плана работы маневровых локомотивов и локомотивных бригад;
- организация обмена (передачи данных) с ДЦ, МПЦ для обеспечения автоматического управления устройствами железнодорожной автоматики и телемеханики (набор маршрутов) в соответствии с планами поездной и маневровой работы;
- организация обмена (передачи данных) для обеспечения автоматического управления техническими средствами контроля нахождения и идентификации подвижного состава на станции;
- автоматическое формирование плана сортировочной работы на станции;
- организация обмена (передачи данных) для обеспечения автоматического управления техническими средствами закрепления подвижного состава на путях станции;
- организация обмена (передачи данных) для обеспечения автоматического управления техническими средствами на сортировочной горке;
- организация обмена (передачи данных) для обеспечения автоматического управления техническими средствами управления движением маневровых локомотивов (автопилотом) (МАЛС) на основании плана сортировочной и маневровой работы;
- организация обмена (передачи данных) для обеспечения автоматического управления техническими средствами контроля технического состояния подвижного состава (ПТО);

- организация обмена (передачи данных) для обеспечения автоматического управления техническими средствами контроля коммерческого состояния грузов в подвижном составе и ЗПУ;
- организация обмена (передачи данных) для обеспечения автоматического управления прочими техническими средствами на станции (система освещения, система видеонаблюдения, контактная сеть, вагонные весы, парковая связь громкоговорящего оповещения (далее – парковая связь) и др.);
- автоматическое получение информации о составах прибывающих поездов, характеристиках вагонов и перевозимых грузов;
- автоматический учет технологических операций, выполняемых с поездами, вагонами и грузами на станции;
- автоматическое ведение установленных учетных форм ДУ, ГУ, ТУ, ВУ и других документов из системы электронного документооборота станции;
- обеспечение логического контроля полноты и достоверности информации, поступающей на станцию и передаваемой со станции;
- формирование и ведение на основе оперативной информации динамической модели текущего состояния парков станции, формирование графика исполненной работы (ГИР);
- автоматизированный обмен информационными сообщениями с ИАС ПУР ГП, САПОД, ИАС УЛЬ, ГИД;
- передача оперативной информации для принятия управленческих решений в ЦУП, ЦУМР.

Разработана функциональная архитектура ИСАУС, которая предполагает наличие следующих подсистем.

Подсистема **«Разработка и интеллектуальная корректировка сменно-суточного плана работы станции»** предназначена для формирования исходных данных для функционирования ИСАУС. Должна получать данные из внешних систем или операторов о подходе поездов к станции, о наличии готовых к уборке местных вагонов на местах общего и необщего пользования, прочих вагонов на специализированных путях, о предстоящей работе с поездными локомотивами и локомотивными бригадами и формировать исходную информацию для работы подсистемы **«Разработка и интеллектуальная корректировка пооперационного плана»**.

Подсистема **«Разработка и интеллектуальная корректировка пооперационного плана»** предназначена для автоматизированного планирования работы с конкретным поездом, вагоном, поездным и маневровым локомотивом, формирования алгоритмов действий и заданий (наборов команд) для технических средств, обеспечивающих технологические процессы работы станции, анализа выполнения отдельных технологических операций с поездом или вагоном, анализа работы станции в целом, анализа дислокации и использования маневровых локомотивов, анализа свободности-занятости путей и стрелочных горловин, сортировочных устройств, корректировки планов в случае отклонений, а также визуализации динамической модели станции для оператора работы станции (табло) и работы станции в целом в виде графика исполненной работы. Ни одна из последующих операций пооперационного плана не может быть начата без подтверждения об окончании предыдущей операции со стороны подсистемы **«Контроль, обмен данными, учет и анализ выполнения технологических операций»**

Подсистема **«Контроль, обмен данными, учет и анализ выполнения технологических операций»** предназначена для обмена данными с комплексом программных модулей технических средств, контроля за фактом, временем и местом совершения, учета и анализа выполнения отдельных технологических операций технологического процесса работы станции.

Подсистема **«Электронный документооборот»** предназначена для автоматизированного ведения, хранения, корректировки и представления (визуализации) всех учетных форм технологического процесса работы станции, кроме учетных форм по грузовому хозяйству, а также формирования и передачи данных для формирования отдельных учетных форм по грузовому хозяйству.

Подсистема **«НСИ»** предназначена для хранения, добавления, редактирования, удаления, просмотра и поиска, экспорта и импорта нормативно-справочной информации, необходимой для работы ИСАУС.

Подсистема **«Обеспечение производственного процесса»** предназначена для поддержки производственных процессов непосредственно не связанных с основной деятельностью станции.

ИСАУС должна обеспечивать взаимодействие с комплексом программных модулей технических средств по управлению: стрелками и сигналами; средствами закрепления вагонов; авторасцепкой вагонов на сортировочной горке; работой сортировочной горки; средствами идентификации и дислокации подвижного состава; маневровыми локомотивами; техническими средствами контроля за техническим состоянием подвижного состава; техническими средствами контроля состояния

груза и ЗПУ в вагонах; вагонными весами; системой видеонаблюдения; системой освещения; контактной сетью; системой громкоговорящего оповещения.

По сути ИСАУС должна стать системой-интегратором множества самостоятельных программных модулей технических средств и систем автоматизации отдельных технологических процессов на железнодорожной станции, что приведет к ужесточению требований к таким техническим средствам и системам. В основу каждого комплекса технических средств могут включаться как уже существующие комплексы технических средств, так и требующие разработки. Так как каждый из этих комплексов должен получать задание (набор команд) из ИСАУС на выполнение различных технологических операций и передавать в ИСАУС сведения об их выполнении, то изменяется набор требований к данным комплексам.

В случае успешной реализации данного проекта можно будет ожидать значительного роста производительности труда, повышения безопасности поездной и маневровой работы за счет исключения человеческого фактора из технологического процесса и перехода к полному электронному документообороту на станции.

УДК 159.9

МОТИВАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

А. Г. ЗЕНКЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время возрастают требования к работникам, обеспечивающим бесперебойную и безопасную работу железнодорожного транспорта, меняются стратегия и тактика управления, приоритеты кадровой и социальной политики.

Повышение ценности труда руководителя сопровождается изменением его основных функций. Новая должность требует высокого уровня квалификации и соответственно необходимо подготовить работника к выполнению трудовой деятельности, дать ему определенные навыки и знания.

Профессиональная мотивация формируется в результате целенаправленной деятельности школы, учреждения высшего образования и коллектива, в котором трудятся работники транспортной отрасли. Эффективность деятельности структурного подразделения железнодорожного транспорта зависит от выраженности профессиональных мотивов работников.

Управление персоналом и понятие мотивации тесно связано между собой. В настоящее время экономические отношения в нашей стране выдвигают новые требования к персоналу и управлению им. Данные требования актуальны как для любого предприятия, так и для железнодорожного транспорта в целом. Сегодня это уже не только подбор, обучение и расстановка кадров, но и формирование методов мотивации, а следовательно, нового сознания и менталитета работников, обеспечивающих безопасность транспортной системы.

Мотивирующий эффект – важный фактор формирования сознания работника. Смена сферы деятельности, продвижение по карьерной лестнице побуждает сотрудников к саморазвитию и эффективной деятельности на благо коллектива, в котором они работают.

Внедрение на практике системы мотивации персонала на железнодорожном транспорте – один из сложнейших проектов.

Мотивация – сознательный выбор личностью определенного типа поведения.

Целенаправленное воздействие на личность, создание внешней среды, побуждающей действовать заданным образом, можно рассматривать как стимулирование работника.

Стимулирование труда или управление мотивацией на предприятии – тактика решения проблем повышения эффективности труда, которая побуждает работников лучше трудиться за счет удовлетворения их потребностей.

Процедуры вознаграждения работников, установленные на железнодорожном транспорте за эффективный труд, а также в зависимости от личного вклада каждого работника в достижение поставленных перед коллективом целей, виды и размеры вознаграждений – система мотивации отрасли железнодорожного транспорта.

Материальное стимулирование – управление мотивацией персонала посредством дополнительных денежных выплат за достижение конкретных показателей трудовой деятельности в установленный период времени (месяц, квартал, год).

Формирование корпоративной культуры и улучшение качества трудовой деятельности руководящих работников можно расценивать как управление мотивацией персонала посредством повышения лояльности к коллективу за счет нематериального стимулирования.

Эффективность трудовой деятельности управленческого персонала для реализации целей структурного подразделения можно оценить по установленным в структурном подразделении конкретным показателям, а это, в свою очередь, позволяет получить информацию, которая даст возможность принять дальнейшее управленческое решение в сфере мотивации, т.е. приведет к оценке персонала.

Система мотивации на железнодорожном транспорте решает следующие задачи:

- побуждает работников стремиться к достижению максимального результата в своей трудовой деятельности;

- реализовывать стратегию роста показателей;

- дает возможность наиболее успешным работникам получать материальные блага с большим экономическим эффектом;

- за счет эффективности трудовой деятельности работников повышает эффективность деятельности структурного подразделения;

- позволяет оценить каждого сотрудника наиболее эффективно и прозрачно.

Обучение и развитие работника также является инструментом нематериальной мотивации. Эффективным является поощрение наиболее успешных работников трудового коллектива после проведения их оценки.

Руководитель, управляя персоналом, выполняет управленческую функцию, поэтому необходимо ввести ключевой показатель эффективности в переменную часть оплаты труда руководителей. Для руководителей тоже должны существовать рейтинги и конкурсы, поощряющие руководителей, которые активно занимаются развитием и продвижением работников.

Для многих руководителей структурных подразделений важно быть знакомым с руководством предприятия. Знакомство с руководством предприятия – это еще один действующий мотив. Определяя стратегию и политику предприятия, а также при развитии инновационных направлений деятельности предприятия работники в первую очередь активно привлекаются к выполнению и задействуются руководством предприятия. Работники могут более полно реализовать свой потенциал, а также «показать себя» и «быть оцененными и замеченными руководством предприятия». Данные мотивационные особенности позволяют их рассматривать как стремление работников к получению обратной связи от своих профессиональных вложений. Такие мотивационные предпосылки наиболее характерны для претендующих на лидерство работников. Ощущение того, что занимаемая позиция работника очень важна предприятию, однозначно является мотивирующим фактором для лидеров структурного подразделения железнодорожного транспорта. Независимо от занимаемой должности в структурном подразделении, каждый работник желает ощущать себя значимым для предприятия, в котором он работает. Это один из способов дать такому работнику действительно важные задания, чтобы он почувствовал свою значимость. Чем шире круг выполняемых работниками, стремящимися к успеху, заданий, тем выше их производительность. Включение работников в программы комплексного развития предприятия положительно сказывается на приверженности работников своей работе и железнодорожному транспорту, как отрасли в целом.

Нельзя недооценивать важность железнодорожного транспорта для нашей страны. Железная дорога играет роль связующего звена между огромным количеством экономических субъектов, обеспечивает надежную и своевременную поставку ресурсов и стабильную работу предприятий, зависящих от привозного материала, более того, поезда и электрички являются наиболее доступным транспортом для тысяч белорусов.

Система мотивации в ГО «Белорусская железная дорога» не только соответствует классическим теориям и практике ведущих компаний, но и учитывает многие характеристические особенности железнодорожного транспорта, такие как: масштабность; непрерывность производственно-технологического процесса; многочисленность и территориальную разобщенность филиалов предприятия; использование автоматизированных систем управления; высокий динамизм перевозочного процесса; большое число различных видов деятельности; необходимость обеспечения безопасности движения и т.д.

Таким образом, можно сказать, что ГО «Белорусская железная дорога» активно развивает систему мотивации своих сотрудников. Отдельные ее элементы тщательно проработаны. Но нет предела совершенству, и ежедневно появляются новые задачи, которые решаются многочисленным коллективом белорусских железнодорожников.

УВЕЛИЧЕНИЕ СКОРОСТИ ПРИБЫТИЯ ПОЕЗДОВ ПРИ ОТКРЫТОМ МАНЕВРОВОМ СИГНАЛЕ В КОНЦЕ ПУТИ ПРИЕМА

*И. А. ИВАНОВ-ТОЛМАЧЕВ, А. С. ЛЕБЕДЕВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

На сегодняшний день во время прибытия поезда скорость заезда на путь прибытия сильно ограничена по причине следования при закрытом показании выходного светофора. Ограничение скорости прибытия поездов означает увеличение времени занятости горловин станции, что, в свою очередь, уменьшает перерабатывающую способность станций, а также пропускную способность линий, при наличии враждебных маршрутов.

При этом согласно правилам технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации если на железнодорожную станцию прибывает поезд, не устанавливающийся в границах полезной длины железнодорожного пути приема, то ДСП станции по радиосвязи может передать машинисту этого поезда разрешение на безостановочное (впредь до получения команды или сигнала остановки) проследование выходного (маршрутного) светофора пути приема по лунно-белому огню этого светофора при погасшем красном огне.

Это означает, что наличие маневрового маршрута гарантирует обеспечение безопасности движения при проследовании светофора, даже если поезд следует поездным порядком.

Все это позволяет говорить о возможности применения маневровых светофоров как вспомогательных для следования поездным порядком. Так открытый маневровый светофор будет означать, что даже в случае его проследования поезд будет двигаться по установленному маршруту, то есть вероятность возникновения какого-либо события исключена.

Таким образом, имеется возможность увеличить скорость прибытия поездов на железнодорожные станции, установив технологию, согласно которой при наличии разрешающего маневрового сигнала и наличия указания ДСП машинист может следовать на путь приема с повышенной скоростью и остановкой в непосредственной близости от сигнала.

При этом требуется оставить те же меры безопасности, которые предусмотрены для приема поездным порядком, то есть перед приготовлением маневрового маршрута и выдачей машинисту разрешения на прибытие с увеличенной скоростью ДСП должен убедиться, что путь, куда устанавливается маневровый маршрут свободен, а маневровые передвижения с выходом на возможный участок пути проезда поезда прекращены.

Все это позволит увеличить пропускную и перерабатывающую способность станций и участков, при этом сохранив действующий уровень обеспечения безопасности движения.

РОЛЬ СИСТЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ С БЕЛОРУССКИМ ГОСУДАРСТВЕННЫМ УНИВЕРСИТЕТОМ ТРАНСПОРТА В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК

*Н. Н. КАЗАКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Обеспечение безопасности движения поездов является необходимым условием устойчивой работы железнодорожного транспорта. ГО «Белорусская железная дорога» и организации, входящие в его состав, уделяют первоочередное внимание данному аспекту деятельности железнодорожного транспорта. Для реализации задач обеспечения безопасности руководством Белорусской железной дороги ежегодно утверждается План мероприятий по организации планово-предупредительной системы обеспечения безопасности движения поездов, в состав которого входит более 80 мероприятий по 12 основным направлениям – начиная с анализа и прогнозирования факторов, влияющих на безопасность движения, и заканчивая мероприятиями по обеспечению безопасности движения в отдельных хозяйствах дороги.

Одним из ключевых факторов в обеспечении безопасности движения поездов и эксплуатации железнодорожного транспорта является уровень профессиональной подготовки и развития персо-

нала. В настоящее время обеспечение организаций Белорусской железной дороги квалифицированными специалистами и рабочими реализуется по двум основным направлениям:

– подготовка молодых специалистов (рабочих) в учреждениях образования (высшего, среднего специального и профессионально-технического);

– дополнительное образование взрослых, включающее обучение работников в Дорожном центре по подготовке, переподготовке и повышению квалификации кадров ГО «Белорусская железная дорога», непосредственно на производстве и по образовательным программам дополнительного образования взрослых в учреждениях образования и иных организациях, которым предоставлено право осуществлять такую деятельность.

Несмотря на то, что в указанных направлениях подготовки железнодорожных кадров фигурирует значительное количество участников (лицей и колледжи железнодорожного транспорта, университеты и институты, Дорожный центр и собственные организации), отраслевым университетом Белорусская железная дорога считает учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», который обеспечивает столь почетный статус качественно, а не количественно.

Важно отметить, что эти вопросы не требуют нормативного закрепления, а принимаются университетом к проработке и исполнению после публичного обсуждения в составе отраслевых советов (Технико-экономический совет и Совет главных инженеров Белорусской железной дороги, Совета по науке и образованию КТС СНГ и др.), конгрессов (Белорусская транспортная неделя, Международный транспортный конгресс и др.), конференций, круглых столов, многочисленных рабочих встреч руководства и руководителей служб ГО «Белорусская железная дорога».

Учреждением образования «Белорусский государственный университет транспорта», руководствуясь стратегической линией кадровой политики своего основного партнера – ГО «Белорусская железная дорога», выработана действенная схема решения многочисленных вопросов, которые ставит для себя объединение.

В настоящее время под воздействием внешних факторов, связанных с переходом экономики страны на новый технологический уклад, внутренние факторы рынка труда серьезным образом влияют на систему подготовки кадров и обеспечивают ее изменение. Эти изменения касаются как корпоративных кадровых систем, так и в целом системы профессионального образования в стране. Поэтому важно помимо корпоративных векторов кадрового развития выдерживать и те направления, которые возложены обществом на систему образования.

Для Белорусской железной дороги особой значимостью обладают направления практической ориентации образования на каждом его уровне исходя их корпоративной стратегии. В этом отношении организация профильной подготовки по схеме «Колледж – БелГУТ – БелЖД – Минтранс» показывает свою эффективность и действенность.

Интеграция деятельности колледжей железнодорожного транспорта с университетом позволяет централизовать управляющие воздействия по основным направлениям деятельности университета и его филиалов. Для предметной области данного исследования особым интересом обладает интеграция обучения по программам профессионально-технического, среднего специального и высшего образования железнодорожного профиля, а также его методического обеспечения.

Как показывает практика, опыт работы университета по программам высшего образования является более совершенным, так как национальный уровень системы образования жестко регламентирует период актуализации образовательных стандартов, учебно-программной и учебно-плановой документации, устанавливая его величину в пять лет. Белорусский государственный университет транспорта, руководствуясь ориентиром, заданным основным заказчиком кадров, организует пересмотр учебно-программной документации ежегодно. Отсутствие регламента по актуализации учебно-программной документации по программам среднего специального и профессионально-технического образования, а также недостаточно активно реализуемые процедуры интеграции со стороны колледжей и лицеев железнодорожного транспорта, приводят к тому, что у заказчика кадров возникают вопросы по соответствию учебных программ современным требованиям к организации производственного процесса на Белорусской железной дороге.

Важно отметить, что в целенаправленном устранении этих несоответствий основную роль возлагает на себя Белорусский государственный университет транспорта, который с 2015 года выработал многоуровневую схему совершенствования системы профессиональной подготовки по железнодорожным специальностям: Белорусская железная дорога – Учебно-методическое объединение – Совет университета – Научно-методический совет университета – Секции научно-методического совета по совершенствованию образовательной деятельности.

Аналогичные по функциональному принципу подсистемы реализуются и на других уровнях взаимодействия университета с основным заказчиком кадров – Белорусской железной дорогой:

- научно-исследовательская деятельность по заказам подразделений и организаций ГО «Белорусская железная дорога»;
- развитие инфраструктуры, учебно-лабораторной базы университета и его филиалов;
- обеспечение качества прохождения студентами и учащимися производственной практики и практического обучения с использованием инфраструктуры предприятий объединения;
- повышение квалификации и переподготовка руководителей и специалистов Белорусской железной дороги.

Важно отметить, что находясь в составе Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, где перед Белорусским государственным университетом транспорта с особенно значимым приоритетом ставятся задачи обеспечения практической ориентации обучения, университет должен руководствоваться принципами, которые возложены на него миссией образовательной сферы нашей страны – сохранение и развитие ценности образования, фундаментальной и прикладной транспортной науки, а также создание благоприятной среды развития потенциала белорусской молодежи, руководствуясь интересами государства и опираясь на общечеловеческие приоритеты. Такое двойное подчинение университета требует поиска «золотой середины» между практической ориентацией под нужды конкретного подразделения, в состав которого войдет молодой специалист после распределения (преобладание в компетенциях выпускника навыков) и ориентацией на долгосрочные перспективы, инновационное развитие экономики страны, транспортного комплекса Республики Беларусь и Белорусской железной дороги (преобладание в компетенциях выпускника знаний).

Белорусская железная дорога и Белорусский государственный университет транспорта, являясь преемником Белорусского института инженеров железнодорожного транспорта, за 65 лет тесного взаимодействия по всем направлениям деятельности, представляют собой самоорганизующуюся систему, которая позволяет на входе задавать вектор намерений развития корпоративных ориентиров дороги, а на выходе получать результирующий вектор. Совпадение этих векторов по направлению, позволяет системе корпоративного взаимодействия успешно функционировать без существенных изменений, а несовпадение – вносить коррективы и оказывать управляющие воздействия.

Учитывая сложность и в чем-то противоположность отдельных аспектов производственных и образовательных систем, особенно на уровнях высшего и послевузовского образования 1-й, 2-й ступени (бакалавриат, магистратура, аспирантура, докторантура), для минимизации рисков необходимо выстроить четкую корпоративную стратегию, где вопросы эффективного обеспечения требуемого уровня безопасности железнодорожных перевозок в долгосрочной перспективе будут определяться уровнем образования и квалификацией персонала ГО «Белорусская железная дорога».

УДК 378.14 (629.039.58)

ОТРАЖЕНИЕ ВОПРОСОВ БЕЗОПАСНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ТРАНСПОРТА

Н. Н. КАЗАКОВ, Е. В. ШКУРИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В процессе своей жизнедеятельности человечество постоянно стремится к созданию комфортной среды обитания посредством развития технологий, что на определенном этапе привело к созданию техносферы и высокоиндустриального общества. На современном этапе такой сценарий развития человечества формирует устойчивый тренд, где техносфера становится интенсивным и мощным источником генерирования новых видов рисков – техногенных.

Количество и последствия крупных промышленных катастроф современности свидетельствуют о тенденции к постоянному повышению данного рода рисков – рисков для населения, социальных, технических и природных объектов, вызванных негативными событиями техногенного происхождения. Естественно, для снижения техногенных рисков общество (организации, региональные единицы, страны, объединения стран) использует богатый инструментарий: создает целые организаци-

онные системы, оперирующие правовыми, управленческими, техническими, технологическими, экономическими и научно-методологическими средствами.

В таких сложных социально-технологических системах, единичным элементом которых является один человек, важная роль в обеспечении эффективности снижения техногенных рисков отводится образованию – как сферы, пронизывающей все аспекты применения названных выше средств.

На Белорусский государственный университет транспорта, как и на любой другой университет Республики Беларусь, возложена миссия решения названных проблем на уровне, выходящем далеко за пределы системы подготовки кадров с высшим и средним специальным образованием. Именно поэтому система подготовки специалиста в университете и его филиалах осуществляется в соответствии с многоуровневой моделью создания конкурентоспособного специалиста с реализацией множества критериев, которые предъявляются организациями – заказчиками кадров.

Важно отметить, что сегодня, исходя из анализа первопричин аварийных ситуаций, которые происходят в различных отраслях экономики Республики Беларусь, самую весомую роль оказывают нарушения технологии, вызванные недостаточным уровнем квалификации рабочих и низового звена менеджмента организаций. По этой причине в настоящее время в требованиях заказчиков-кадров к выпускникам учреждений образования превалирует практическая ориентация.

При этом необходимо понимать, что техногенные риски имеют не только количественную, но и качественную стратификацию, и печальные последствия техногенных катастроф, устранение которых займет не один десяток лет, являются результатом ошибок другого, более высокого кадрового уровня. Поэтому значимость в составе универсальных и базовых компетенций выпускника университета, особенно по программам высшего образования двух ступеней, не должна снижаться. Наоборот, формирование и развитие у такого выпускника академических компетенций, является залогом качественного снижения техногенных рисков в долгосрочной перспективе.

По этой причине, в соответствии с Концепцией национальной безопасности Республики Беларусь приоритетным критерием качества специалиста с высшим образованием является обеспечение безопасности личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз. В рамках устойчивого развития Республики Беларусь реализацию данной Концепции смогут обеспечить специалисты с высшим образованием, соответствующие современным требованиям развития общества, способные к активной производственной деятельности и готовые к принятию ответственных управленческих решений. Для подготовки таких специалистов в образовательный процесс университета введен ряд дисциплин, призванных сформировать у студентов системное представление о безопасности Республики Беларусь в различных сферах (политика, инфосфера, экономика, производство, здравоохранение и т. д.) и позволяющих обеспечить приобретение знаний, умений и навыков в этой области.

Естественно, что отражение вопросов по снижению техногенных рисков не базируются только на знаниях и навыках, которые приобретаются студентом при изучении отдельно рассматриваемой дисциплины. Данный процесс реализовывался на нескольких уровнях, в соответствии со сложной национальной технологией развития системы высшего образования в стране, начиная от уровня заказчика кадров, заканчивая уровнем Министерства образования Республики Беларусь.

Важнейшим этапом, определяющим качество решения поставленной задачи для университета, является разработка образовательных стандартов специальностей высшего образования. На этом этапе были сформированы требования к компетенциям при освоении учебных дисциплин, связанных с вопросами безопасности:

- способность анализировать и принимать решения техногенных проблем, возникающих в профессиональной деятельности специалиста;
- умение адаптироваться к новым ситуациям в социально-профессиональной деятельности;
- владение навыками планирования, организации и контроля производственных процессов, выявления и минимизации угроз безопасности в различных сферах.

Несложно заметить, что в своей совокупности три указанные выше группы компетенций формируют компетентность выпускника Белорусского государственного университета транспорта по управлению техногенными рисками – сферы, которая развивается сегодня невероятными темпами во всем мире, т.к. ее актуальность будет только расти с развитием техносферы.

На уровне университета, вследствие специфики конкретной специальности, развитие набора компетенций образовательного стандарта реализуется уже по десяткам направлений и выражается в перечнях дисциплин, позволяющих обеспечить получение требуемых компетенций.

Среди них интегрированная учебная дисциплина «Безопасность жизнедеятельности человека», включающая модули «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций», «Радиационная

безопасность», «Основы экологии», «Основы энергосбережения», «Охрана труда», содержание которых носит практико-ориентированный характер. Так, например, для технических специальностей Белорусского государственного университета транспорта модуль «Охрана труда» выделен в отдельную дисциплину.

Учитывая емкость понятия безопасности и ее отражение во всех сферах деятельности наших выпускников, особенно тех, которые по прошествии времени станут представителями среднего и высшего уровня менеджмента в нашей стране, образовательный процесс не ограничивается только вопросами техногенной безопасности. Основные направления антикоррупционной деятельности рассматриваются в дисциплинах «Основы права», «Противодействие коррупции». В дисциплине «Военная подготовка» изучаются приоритетные меры по обеспечению обороноспособности государства. Финансовая и денежно-кредитная устойчивость государства, основные направления инвестиционной политики, подходы по стимулированию бизнес-активности и поощрению предпринимательства изучаются в дисциплинах экономического профиля и курсах по выбору (например, «Основы предпринимательской деятельности»).

В специальные дисциплины введены разделы, рассматривающие вопросы безопасности на производстве в объеме не менее 2 % от общего количества часов дисциплин специальности, специализации или профиля. В специальных дисциплинах рассматриваются вопросы использования средств индивидуальной защиты во время определенных этапов работ, пожарной безопасности, безбарьерной среды с учетом социальной реабилитации, защита лиц с ограниченными физическими возможностями в чрезвычайных ситуациях на объектах транспорта, регламент действия работников в нестандартных ситуациях. Вопросы охраны труда включены в билеты Государственных экзаменов по специальности, в курсовое и дипломное проектирование. Совершенствуется в этом направлении подготовка научных кадров, в т.ч. магистрантов – для них, актуальны инновационные дисциплины, связанные с ресурсным обеспечением, правовыми аспектами безопасности, причинами травматизма и профессиональных заболеваний, порядок расследования и учета несчастных случаев, методика анализа травматизма и разработка мероприятий по его снижению.

Изучение вышеперечисленных дисциплин позволит обеспечить как профессиональную безопасность на производстве, так и безопасность государства в целом, реализуя такие значимые для Республики Беларусь законодательные акты, как Закон «О борьбе с коррупцией», основные положения Военной доктрины Республики Беларусь, Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года, Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь, Стратегия развития белорусской науки на 2018–2040-е гг., Концепция «Университет 3.0», Стратегия инновационного развития транспортного комплекса Республики Беларусь до 2030 года, система стандартов безопасности труда, государственные, межгосударственные стандарты по безопасности, гигиене труда, межотраслевые нормативные правовые и технические нормативные правовые акты по охране труда.

УДК 656.2.08

СОСТОЯНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ В ГРУЗОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ЗА 6 МЕСЯЦЕВ 2019 ГОДА

– Н. М. КАТЧЕНКО

Белорусская железная дорога, г. Минск

С. А. ПЕТРАЧКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Безопасность движения поездов – основное условие эксплуатации железных дорог при перевозке пассажиров и грузов. Все организационные и технические мероприятия на железнодорожном транспорте должны отвечать требованиям безопасного и бесперебойного движения поездов. Безопасность движения поездов обеспечивается не только содержанием в постоянной исправности железнодорожных сооружений, пути, подвижного состава, устройств СЦБ и связи, но и обеспечением надежности крепления грузов, соблюдением Правил перевозки грузов железнодорожным транспортом общего пользования и четким выполнением должностных обязанностей всех работников Белорусской железной дороги, грузоотправителей и грузополучателей.

По итогам работы Белорусской железной дороги за 6 месяцев 2019 года событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, в грузовом хозяйстве не допущено. Количество отказов технических средств составило 14 случаев и по сравнению с аналогичным периодом 2018 года увеличилось на 9 случаев. Увеличено количество отказов на Минском, Барановичском и Гомельском отделениях дороги (на 2, 6 и 1 соответственно).

За 6 месяцев 2019 года пунктами коммерческого осмотра дороги (далее – ПКО) пропущено 28 вагонов с коммерческими неисправностями, за аналогичный период 2018 года пропущено 32 вагона. Таким образом, количество пропуска вагонов с коммерческими неисправностями снижено на 4 случая. Также продолжают иметь место случаи приема вагонов от грузоотправителей, грузополучателей и от соседних дорог с нарушением требований правил перевозок грузов, Устава железнодорожного транспорта общего пользования, указаний Управления Белорусской железной дороги, а именно: с наличием на поверхности груза, перевозимого на открытом подвижном составе, посторонних предметов или легко выдуваемых в процессе перевозок груза частей груза (куски металла, камни, щепа и т.д.), которые грузоотправителем в нарушение пункта 4 главы 14 Технических условий размещения и крепления грузов (Приложение 3 к СМГС) не подготовлены к перевозке на открытом подвижном составе; наличием остатков груза (цемент, известь) на наружных частях подвижного состава (переходных площадках, крышах специализированного подвижного состава). Так, за 1 квартал 2019 года произошло 10 случаев повреждения лобовых стекол моторвагонного подвижного состава при скрещении с грузовыми поездами. Наличие таких случаев свидетельствует об ослаблении контроля на станциях за выполнением правил перевозок грузов как грузоотправителями, грузополучателями, так и работниками станций.

За 6 месяцев 2019 г. на грузовое хозяйство отнесены задержки по 16 поездам (из них по влиянию 6 поездов) и по сравнению с аналогичным периодом 2018 года уменьшено на 6 поездов (22 поезда, из них по влиянию 11 поездов). Количество допущенных случаев нарушений, приведших к задержкам поездов составило 10 случаев и по сравнению с 2018 годом уменьшилось на 1 случай. Наибольшее количество таких нарушений зафиксировано на Минском отделении Белорусской железной дороги (3 нарушения, 6 поездов). На Витебском и Могилевском отделениях Белорусской железной дороги таких нарушений не зафиксировано (рисунок 1).

Инцидентов и аварийных ситуаций с опасными грузами по вине работников грузового хозяйства не допущено. Загрузки вагонов сверх графаретной грузоподъемности вагонов не выявлено. Однако имеют место случаи обнаружения расхождения сведений о массе груза, заявленной в накладной, с фактической массой перевозимого груза (в частности при перевозке щепы в Республику Польша, Латвийскую Республику, Литовскую Республику).

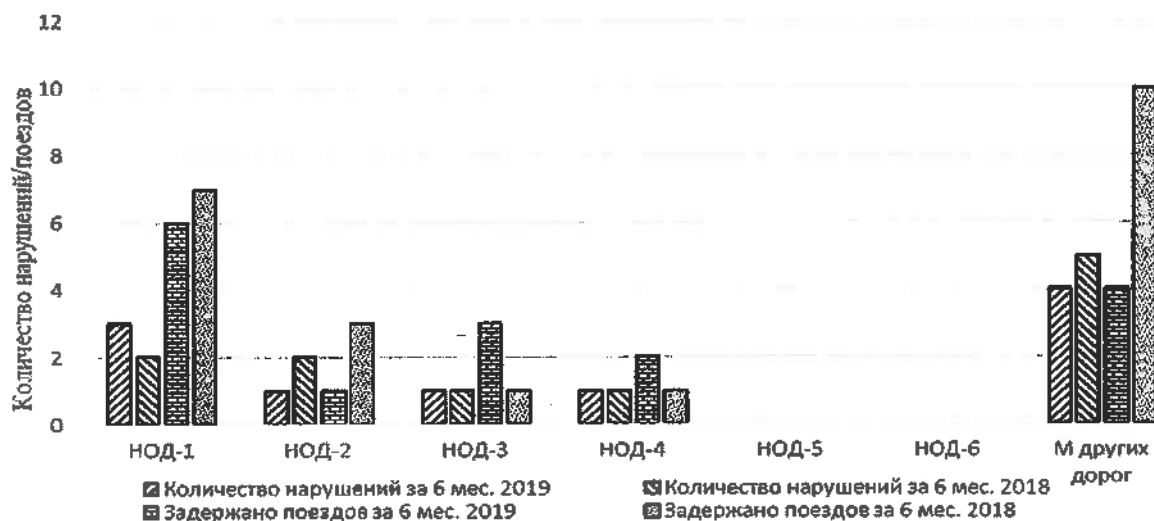


Рисунок 1 – Анализ нарушений, приведших к задержкам поездов

Важным элементом, способствующим обеспечению безопасности перевозочного процесса и сохранности перевозимых грузов, является операция коммерческого осмотра в пунктах коммерческого осмотра поездов, вагонов и контейнеров, организованных на станциях Белорусской железной дороги. Сегодня, в условиях обострения конкурентной борьбы за грузоотправителя, этим техноло-

гическим подразделениям с учетом их роли в обеспечении сохранности перевозимых грузов уделяется значительное внимание. В современных условиях оптимизация работы ПКО для решения проблемы обеспечения сохранности грузов в пути следования, повышения безопасности движения должна осуществляться за счет внедрения технических средств, выявления коммерческих неисправностей на ПКО, позволяющих производить коммерческий осмотр вагонов дистанционно. Автоматизированные системы и технические средства позволяют своевременно выявлять имеющиеся коммерческие и технические неисправности подвижного состава и однозначно способствуют повышению качества коммерческого осмотра, безопасности движения, улучшению условий труда и повышению уровня личной безопасности работников, работающих в парках станций. К ним относятся автоматизированные системы коммерческого осмотра поездов и вагонов (далее – АСКО ПВ), включающие комплекты оборудования подсистемы электронных габаритных ворот, телевизионной подсистемы видеоконтроля, подсистемы освещения, подсистемы оповещения, подсистемы передачи сигналов и данных, весы вагонные тензометрические, автоматизированные рабочие места операторов ПКО. Все эти технические средства устанавливаются как комплексно в составе АСКО ПВ, что требует значительных капитальных вложений, так и могут использоваться по отдельности, например, в качестве системы видеонаблюдения или тензометрических весов.

На основании выполненных исследований перед передаточными станциями на входных участках Белорусской железной дороги по приему поездов с соседних железных дорог в качестве базового технического оснащения предлагается устанавливать АСКО ПВ, что позволит оперативно и четко контролировать в коммерческом отношении вагонопоток, поступающий на Белорусскую железную дорогу, и в случае выявления оператором АСКО ПВ коммерческих неисправностей подвижного состава оперативно принимать меры для их устранения. На внутридорожных станциях и подходах к передаточным станциям с соседних станций Белорусской железной дороги целесообразно в зависимости от структуры и характера вагонопотока, объемов местной работы на этих станциях устанавливать базовый комплект, включающий систему видеонаблюдения, весы (тензометрические весы), контрольно-габаритные устройства при их отсутствии.

Таким образом, оптимизация работы ПКО на станциях Белорусской железной дороги должна осуществляться за счет приведения штатной численности приемщиков поездов в соответствии с выполняемыми объемами работы, перераспределения на ПКО внутридорожных станций функций по осмотру подвижного состава между причастными работниками, поэтапного внедрения новых современных и модернизации имеющихся технических средств, облегчающих и ускоряющих процесс осмотра грузовых поездов, вагонов и контейнеров.

УДК 656.2.08

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ – ВАЖНЫЙ ФАКТОР В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТРАНСПОРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В. И. КИРЕЕВ

Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника», г. Минск

Важность проблемы обеспечения безопасности транспортной деятельности подтверждают данные, представленные Всемирной организацией здравоохранения. Ежегодно на дорогах мира в транспортных происшествиях получают травмы порядка 50 миллионов человек, а 1,4 миллиона – погибают. При этом смертность людей в результате аварийных случаев, связанных с транспортом возрастает, особенно в странах с неразвитой экономикой.

И прогноз не оптимистичен. Если в ближайшее время не будут приняты неотложные меры, то к 2030 году из 20 основных причин смерти людей дорожно-транспортный травматизм со смертельным исходом переместится с 9-го на 5-е место, а ежегодные потери людских ресурсов достигнут 2,4 млн человек.

По статистике Республики Беларусь в течение последних 10 лет произошло более 48 тысяч ДТП, в которых погибло 8 792 человека и более 51 тысячи человек получили ранения различной степени тяжести. В среднем каждые сутки регистрируется 13 дорожно-транспортных происшествий, погибает 2 человека и 14 получают телесные повреждения. Из расчета на 1 миллион жителей

страны за год погибает до 58 человек. Это более чем в два с лишним раза меньше показателя по России и Казахстану, но значительно больше, чем в Швеции, Эстонии, Германии.

В результате совершения дорожно-транспортных происшествий чаще всего гибнут люди работоспособного возраста, в результате чего наносится значительный ущерб экономике страны. В среднем дорожно-транспортный травматизм обходится странам от 1 до 2 % ВВП, что составляет около 500 млрд. долларов США в год.

В 2018 году в Беларуси из расчета на 100 дорожно-транспортных происшествий погибли 16,2 человека. При этом в России – 10,8, а в Германии – 1,1. 13 % пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях в Беларуси получают смертельные травмы. В России этот показатель составляет 7,8 %, а в Германии – 0,8 %. Приведенные данные говорят об актуальности проблемы обеспечения безопасности как для нашей страны, так и ряда сопредельных стран.

Основным документом, по которому проводится профилактическая работа в нашей стране, является Концепция обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь, утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 14 июня 2006 года № 757. В ней предусмотрено сократить к 2020 году количество людей, погибших в транспортных происшествиях, не менее чем на 20 % по сравнению с 2015 годом.

Системная работа в транспортной отрасли по профилактике аварийности проводится в соответствии с разработанными и утвержденными планами мероприятий Министерства транспорта и коммуникаций.

В целом проводимая в республике работа по обеспечению безопасности на транспорте приносит положительный эффект. В период с 2009 по 2018 годы наблюдается устойчивая тенденция сокращения количества дорожно-транспортных происшествий при одновременном увеличении эксплуатируемого парка транспортных средств.

За 10 лет численность автомобильного парка в Беларуси возросла на 26 % и, в настоящее время, на 1 тыс. жителей страны приходится 426 автомобилей. Это меньше, чем в ряде стран Европы, но больше, чем в Украине, России и Латвии.

Для улучшения ситуации в области обеспечения безопасности дорожного движения на государственном уровне обновляется парк транспортных средств, совершенствуется система подготовки водителей, модернизируется транспортная инфраструктура, ужесточаются меры ответственности к нарушителям правил дорожного движения. Однако проводимая работа по обеспечению безопасности на транспорте не носит комплексный характер и не представляет желаемых результатов. Реализуемые меры не объединены в соответствующую программу, как в некоторых зарубежных странах, достигших значительных успехов в профилактике аварийности на транспорте.

БелНИИТ «Транстехника» в рамках научных исследований проводит мониторинг в области безопасности на транспорте, анализирует предоставляемые данные и готовит предложения, направленные на максимальное снижение риска травмирования участников транспортного процесса и минимизацию ущерба окружающей среде.

Для широкого обсуждения предлагаемых мер в октябре 2019 года по поручению Министерства транспорта и коммуникаций и при поддержке фонда Центрально-Европейской Инициативы институт выступил организатором конференции в формате круглого стола по теме «Безопасность пассажирских перевозок». В ней приняли участие представители 75 отечественных и зарубежных организаций. В процессе обсуждения докладов и выступлений, представленных на конференции, ее участники сошлись во мнении, что до 90 % аварий происходит из-за человеческого фактора.

Анализ причин ДТП в странах ЕС показал, что около 41 % ДТП за последние 10 лет произошло в результате отвлечения водителя при использовании смартфона, несоблюдения правил приоритетности движения, сигналов светофора и превышения скоростного режима. В результате работы конференции сформулированы рекомендации, которые позволят повысить ответственность и дисциплинированность участников дорожного движения и снизить аварийность.

В рамках реализации планов Минтранса по проведению профилактической работы в области безопасности транспортной деятельности в транспортных организациях периодически проводятся проверки знаний Правил дорожного движения водителями автомобилей и работниками, совмещающими данную профессию, организован единый день безопасности дорожного движения, проводится предрейсовый мониторинг состояния здоровья лиц, причастных к управлению транспортными средствами.

В дополнении к вышеупомянутым профилактическим мерам БелНИИТ «Транстехника» активно подключается к обучению участников транспортного процесса. С 2015 года институт имеет лицензию Министерства образования Республики Беларусь на предоставление образовательных услуг, в том числе переподготовку рабочих и служащих.

Руководители и специалисты организаций получили возможность повышать свою квалификацию в БелНИИТ «Транстехника» по различным направлениям, связанным с безопасностью на транспорте, посещать обучающие курсы, семинары, в том числе дистанционно без отрыва от производства в режиме онлайн. На базе центра информационно-образовательных услуг института проводится обучение специалистов, ответственных за выпуск на линию технически исправных транспортных средств, контролеров технического состояния механических транспортных средств; с 2015 года организовано повышение квалификации руководителей и специалистов организаций по тематике «Безопасность дорожного движения»; в 2019 году организован процесс повышения квалификации начальников диагностических станций, инженеров-диагностов и инженеров по техническому осмотру транспортных средств.

Большое внимание в транспортной отрасли уделяется проблеме обеспечения безопасности перевозок пассажиров. Нашим институтом проведены исследования в этой области и разработана методология определения показателя аварийности и уровня безопасности пассажирских перевозок на различных видах транспорта. Полученные результаты показывают тенденцию изменения уровня безопасности для того, чтобы акцентировать внимание государственных органов на необходимость усиления профилактической работы по отдельным видам транспорта. В 2018 году сделан акцент на перевозки пассажиров автомобильным транспортом, где показатель аварийности превысил уровень предыдущего года.

Для более детального рассмотрения этой проблемы проанализировано соотношение количества дорожно-транспортных происшествий, погибших и раненных в них людей с объемами транспортной работы пассажирского транспорта. При незначительном снижении удельного числа смертельных случаев наблюдается тенденция возрастания количества травмированных людей, что подтверждает актуальность реализации комплекса профилактических мер по обеспечению безопасности на транспорте.

Важной составляющей национальной системы безопасности государства является сохранение окружающей среды для нынешних и будущих поколений людей. На международном уровне эту проблему рассматривали на Генеральной Ассамблее Организации Объединенных Наций, где были приняты цели развития тысячелетия, касающиеся экономики, социальной сферы и экологии. Из 17 целей ООН по устойчивому развитию непосредственно к транспорту относятся четыре: обеспечение здорового образа жизни; создание стойкой инфраструктуры; содействие индустриализации и инновациям; обеспечение открытости и безопасности населенных пунктов и принятие срочных мер по борьбе с изменениями климата. По каждой из целей предусмотрены показатели, которые позволяют оценить динамику выполнения поставленных задач. При этом каждая страна с учетом своих экономических возможностей и специфики развития должна самостоятельно планировать и реализовывать профилактические меры.

Для реализации целей ООН в Республике Беларусь Указом Президента Республики Беларусь от 25 мая 2017 года № 181 определен Национальный координатор и разработана схема управления процессом достижения целей в области устойчивого развития. Создан Совет по устойчивому развитию, в состав которого вошли руководители 38 исполнительных органов, местных властей, судебных органов и прокуратуры. В рамках совета функционируют три межведомственные и одна региональная рабочие группы. Вопросы охраны окружающей среды рассматриваются в рабочей группе по экологии.

Разрушительное влияние на биосферу и здоровье человека оказывает любой вид транспорта, но автомобильный в большей степени. Наиболее остро результаты его воздействия ощущаются в городах, где концентрация автотранспортных средств особенно велика. Отрицательное воздействие на окружающую среду проявляется в отчуждении плодородных земель для строительства дорог, загрязнении почвы, воздуха, водоемов продуктами эксплуатации автомобилей и дорог.

Известно, что автомобили с бензиновыми двигателями по сравнению с дизельными выделяют в атмосферу почти в 3 раза больше загрязняющих веществ. При этом оксида углерода в 8 раз больше, а углеводорода в 3,1 раза. В целом загрязнение воздуха Беларуси от работы транспортных средств достигает 70 %, тогда как в развитых странах мира не превышает 20 %.

В соответствии с Парижским соглашением к рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата Беларусь приняла обязательства обеспечить к 2030 году сокращение выбросов парниковых газов не менее чем на 28 % от уровня выбросов 1990 года и не допустить повышения среднемировой температуры более чем на 2 °С в текущем столетии.

Для обеспечения экологической безопасности в республике реализуется комплекс мер, направленных на совершенствование парка транспортных средств, повышение уровня электрификации, дизелизации и газификации; обеспечение природоохранных требований в процессе их эксплуатации и технического обслуживания.

В Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года сделан акцент на обеспечении экологической безопасности на основе развития «зеленой» экономики, рациональных моделей производства и потребления. В области транспортного комплекса страны это направление можно реализовать за счет широкого применения электрической энергии, получаемой на основе развития атомной энергетики.

Перспективные направления развития транспорта предусмотрены в Стратегии инновационного развития транспортного комплекса Республики Беларусь до 2030 года, разработанной нашим институтом, где отмечена необходимость обновления парка транспортных средств современной высокоэффективной, безопасной и экологичной техникой, а также спрогнозирована необходимость развития транспортной инфраструктуры, связанной с электрификацией.

Для практической реализации этих направлений в БелНИИТ «Транстехника» проведены научные исследования и в соответствии с приоритетными направлениями Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года по созданию устойчивой инфраструктуры, комфортной и конкурентоспособной бизнес-среды, обеспечению экологической безопасности на основе развития «зеленой» экономики разработана Концепция перевода подвижного состава городского пассажирского и железнодорожного транспорта на электротягу на период 2021–2025 годов.

Перевод городского пассажирского транспорта на электротягу планируется проводить по следующим направлениям:

- создание маршрутной сети электробусов с применением ультрабыстрой зарядки, троллейбусов и трамваев с автономным ходом;
- организация производства электробусов с запасом хода 200–300 км и трамваев с автономным ходом;
- строительство новых участков трамвайных путей;
- развитие линий Минского метрополитена;
- увеличение объемов перевозок электрическим железнодорожным транспортом в городском сообщении.

Прогнозируется, что в результате реализации запланированных мер, доля электрифицированных железнодорожных путей к 2035 году увеличится на 30 %, количество транспортных средств на электрической тяге, предназначенных для перевозок пассажиров, увеличится на 35 %, а ежегодное снижение объемов выбросов парниковых газов составит более 8 т.

В текущем году нашим институтом разработан проект Стратегии развития системы обеспечения безопасности транспортной деятельности на 2021–2025 годы, в которой определены основные направления повышения безопасности, снижения тяжести последствий транспортных происшествий, в том числе уменьшение числа погибших и травмированных, минимизация загрязнения окружающей среды и влияния других негативных факторов, связанных с транспортной деятельностью.

В Стратегии предлагается усовершенствовать:

- нормативную правовую базу в области транспортной деятельности с учетом рисков, которые могут возникнуть при развитии интеллектуальных транспортных систем и беспилотных транспортных средств;
- систему подготовки и повышения квалификации специалистов в области обеспечения безопасности транспортной деятельности;
- деятельность контрольных органов в области транспорта на основе внедрения современных геоинформационных, информационно-аналитических, навигационных и коммуникационных систем, в том числе обеспечивающих автоматизированный, дистанционный контроль;
- систему ситуационного мониторинга безопасности транспортной деятельности.

Кроме того, для повышения безопасности предлагается:

- внедрить на объектах транспортного комплекса системы видеонаблюдения, выполняющие аналитические функции и информирующие об опасности;
- организовать взаимодействие государственных органов по обеспечению общественной безопасности на транспорте;
- увеличить долю транспортных средств, использующих экологичные виды топлива и применяющих электрические и гибридные двигатели.

Обеспечить безопасность на транспорте можно только при комплексном подходе к решению возникающих проблем. В связи с этим предлагается разработать Программу развития системы обеспечения безопасности транспортной деятельности, которая позволила бы скоординировать деятельность республиканских органов государственного управления, причастных к решению задач в этой области и комплексно подойти к повышению ответственности и дисциплины водителей, профилактической работе в дошкольных организациях, учреждениях образования, а также в трудовых коллективах предприятий.

В Республике Беларусь проводится системная работа по обеспечению безопасности на транспорте и реализации целей ООН по устойчивому развитию. Предложенные БелНИИТ «Транстехника» профилактические меры положительно повлияют на сохранение жизни и здоровья людей, улучшение экологической обстановки в стране.

УДК 355.69-049.5

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОИНСКИХ ПЕРЕВОЗОК

С. В. КИРИК, С. В. МАКСИМЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В успешном выполнении Вооруженными Силами Республики Беларусь задач по предназначению в мирное и военное время все больше возрастает роль организации и осуществления перевозки войск.

В современных условиях железнодорожный транспорт остается самым мощным видом сухопутного транспорта, используемым для обеспечения воинских перевозок.

Одним из основных требований, предъявляемых к организации воинских перевозок, является их выполнение в установленные сроки и с максимальной скоростью.

Важным этапом, требующим значительных затрат времени при выполнении воинских перевозок, является погрузка вооружения, военной и специальной техники (далее – ВВСТ) на открытый подвижной состав.

В большинстве случаев при погрузке колесной техники применяется второй способ крепления, при погрузке гусеничной техники – третий: деревянными упорными брусками и проволочными (табельными) растяжками. У этих способов крепления есть ряд недостатков.

1 Проволоку, гвозди, а в некоторых случаях и деревянные бруски, для крепления ВВСТ на железнодорожном подвижном составе можно использовать только один раз.

2 Закрепление проволочными растяжками и деревянными брусками требует определённых навыков у личного состава и значительного запаса времени на их установку.

3 Есть вероятность ослабления проволочных растяжек в пути следования, что приводит к необходимости их периодического подкручивания.

Необходимость подкручивания проволочных растяжек в пути следования увеличивает время стоянки поездов с воинскими эшелонами и транспортом на станциях, что приводит к увеличению сроков доставки воинских эшелонов и транспортов к месту назначения. Кроме того, в пути следования может произойти обрыв проволочных растяжек, что может привести к падению груза или его части на железнодорожный путь, смещению, развороту и выходу груза за установленный габарит погрузки или подвижного состава.

Таким образом, на данный момент актуальной является проблема совершенствования средств крепления ВВСТ на железнодорожном подвижном составе, что повысит безопасность и эффективность воинских перевозок.

Одним из способов решения данной проблемы является использование для закрепления ВВСТ на железнодорожном подвижном составе многооборотных средств крепления, таких как универсальные многооборотные крепления (далее – УМК), металлические шпоры.

В состав современных комплектов УМК входят металлические продольные и поперечные упоры, пружинные мягкие или твердые растяжки.

Металлические шпоры, используемые для перевозки гусеничной техники, также имеют ряд недостатков. Например, при креплении ВВСТ данным способом, шпора препятствует перемещению закрепленной машины только в поперечном направлении. Для предотвращения перемещения гусеничной машины в продольном направлении необходимо, чтобы у перевозимого образца ВВСТ была с исправными тормозными устройствами. В состав современных комплектов металлических шпор помимо самих металлических шпор, предназначенных для крепления образца ВВСТ на железнодорожной платформе, входят скобы стопорения гусениц, которые препятствуют перемещению образца ВВСТ вдоль платформы.

Применение многооборотных средств крепления для закрепления ВВСТ на подвижном составе позволит:

- сократить время на погрузку (выгрузку) и закрепление ВВСТ на железнодорожном подвижном составе, а также уменьшить сроки доставки воинских эшелонов и транспортов к месту назначения;
- существенно снизить затраты Министерства обороны Республики Беларусь на материалы, применяемые для закрепления ВВСТ при перевозке железнодорожным транспортом;
- уменьшить себестоимость воинских перевозок.

УДК 656.212.5

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ В УПРАВЛЕНИИ СТАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

К. Е. КОВАЛЕВ, А. Д. ОБУХОВ

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,
Российская Федерация*

В современных условиях, когда цифровизация проникает во все сферы человеческой деятельности, на железнодорожном транспорте необходима разработка концепции, позволяющей планомерно внедрять роботизированные устройства, работающие с высокой степенью надежности.

Необходимо создание роботов, которые смогут выполнять технологические стационарные процессы. Тем самым возможен переход от ручного труда к роботизированному, что позволяет существенно повысить безопасность выполнения технологических операций на станции.

За основу перехода к роботизации рассмотрен набор выполняемых технологических операций составителя поездов, выполняющего следующие основные функции:

- 1 Закрепление подвижного состава.
- 2 Выполнение маневровых передвижений.
- 3 Сцеп/расцеп подвижного состава.
- 4 Ручной перевод стрелки.

Перечисленные операции требуют физических усилий и пользования различными органами чувств, которые можно заменить механическими усилиями и искусственными алгоритмами органов чувств. Действия, выполняемые человеком, организованы по установленным алгоритмам. Такие алгоритмы обрабатывает человеческий мозг и принимает решение за 10–15 секунд до того, как человек осознал данное решение.

Закрепление состава выполняется в следующем порядке. Работнику сообщают номер пути, на котором необходимо закрепить состав и количество вагонов на пути. Эту информацию роботу можно передать в виде набора символов, при этом снижается вероятность ошибки, так как человек может неверно воспринять информацию или забыть.

После получения информации составитель поездов обрабатывает информацию; далее продумывает, как лучше пройти к составу по служебному проходу; связывается с машинистом локомотива и рассчитывает количество башмаков для закрепления. Все эти операции на современном этапе технического развития доступны робототехнике и будут выполняться роботом за меньшее время по сравнению с человеком.

Далее проход по территории станции сопряжен с трудностями для человека. К числу потенциально опасных факторов следует отнести: погодные условия, проход по щебню, движущийся подвижной состав и т.д. Все эти факты повышают возможность получения травмы работника станции. Проход же робота по территории станции менее опасен, робот не испытывает страх, не испугается при получении звукового сигнала от проходящего подвижного состава.

Далее необходимо отцепить необходимое количество башмаков для закрепления и установки башмаков под вагоны. Указанные операции может выполнить робот. После установки башмаков нужно выполнить накат на башмаки с помощью передачи голосового сообщения машинисту, либо интеллектуальной системе управления локомотивом.

Оценить выполнен ли накат на башмак искусственный интеллект может по набору факторов, заложенных в алгоритмы его работы. Возможно определение по набору датчиков заехало ли колесо на борт и прижато ли колесо к накладке.

Соединение рукавов тормозной магистрали сопряжено с высоким риском травматизма для работника станции, так как необходимо нахождение работника внутри железнодорожной колеи. С помощью набора алгоритмов и механических манипуляций эту операцию сможет выполнить робот.

На ряде станций и путей необщего пользования используются ручные стрелочные переводы. Для перевода стрелки необходимо приложить значительные усилия, что негативно влияет на здоровье и состояние работника. Эти операции можно передать роботу, силовые возможности которого значительно больше, чем у человека.

Для реализации перечисленных функций управления, выполняемых роботом, разработана функциональная схема робота (рисунок 1), которая может быть положена в основу разработки опытного образца.

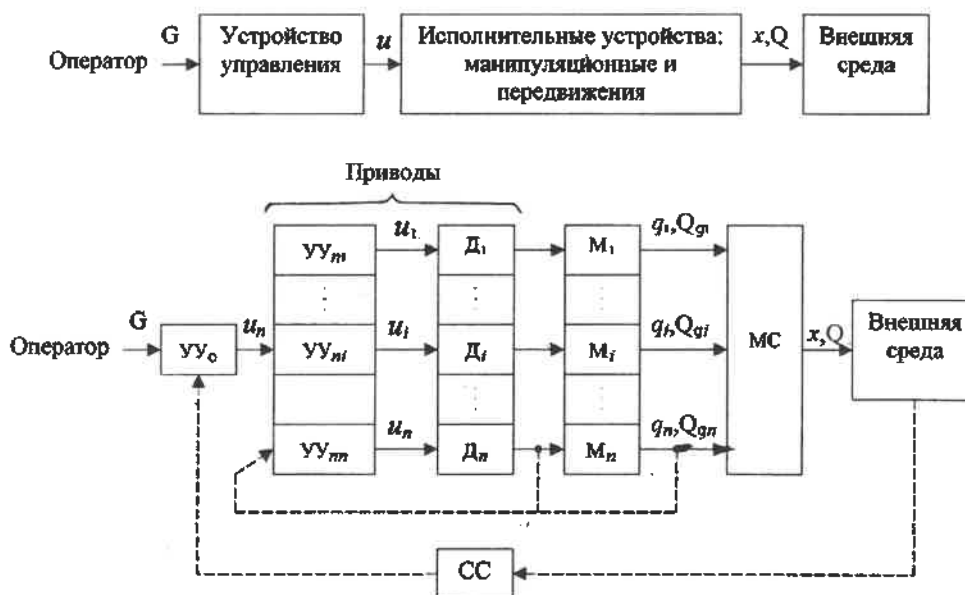


Рисунок 1 – Функциональная схема робота:

УУ_с – устройство управления; УУ_н – УУ привода; Д – двигатель; М – механизм; МС – механические системы – манипуляционная и передвижения; СС – сенсорные системы

Математическое описание механической системы манипулятора связывает выходные переменные x_i, Q_i со входными Q_{gi} . В свою очередь абсолютные координаты x_i определяются относительным положением всех звеньев манипулятора относительными координатами $q(q_1, q_2, \dots, q_n)$. Механическая система манипулятора описывается разработанной системой уравнений.

Первое уравнение выражает абсолютные координаты звеньев x через относительные координаты q . Второе уравнение для $q(q_1, q_2, \dots, q_n)$, где $Q_g(Q_{g1}, Q_{g2}, \dots, Q_{gn})$ усилия двигателей, действующие по соответствующим координатам звенья манипулятора q , а $Q_a(Q_{a1}, Q_{a2}, \dots, Q_{an})$ –

возмущающие и противодействующие усилия, A_m – оператор механической системы манипулятора.

Уравнение $x = f(q)$ представляет собой выражение для пересчета координат. Выражение для абсолютных координат его рабочего органа ($x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{ps}$). Для этого необходимо введение на каждом звене системы прямоугольных координат, в которой происходит перемещение последующего звена при изменении его относительной координаты q_i . Если вывести выражение для координат рабочего органа в такой системе координат предыдущего звена, затем аналогично выразить координаты рабочего органа, пересчитанные в систему координат предыдущего ($n - 1$) звена через координаты предшествующего ему ($n - 2$) звена, то действуя таким образом, дойдем до основания манипулятора, с которым связана система абсолютных координат x . В результате получим выражение для абсолютных координат рабочего органа ($x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{ps}$) через относительные координаты всех звеньев $q(q_1, q_2, \dots, q_n)$. Необходимо учесть конструктивные ограничения относительных перемещений звеньев q_i . Второе уравнение системы $q = A_m(Q_d, Q_b)$, связывает относительные координаты звеньев q_i с действующими на систему движущими Q_{di} и противодействующими Q_{bi} силами.

Робот, выполняющий функции составителя поездов, как объект управления представляет сложный динамический объект. Такое устройство является многомерным со взаимосвязанными переменными, нелинейным и нестационарным.

Выходными переменными этого объекта являются координаты рабочего органа, координаты центра, углы ориентации и действующие по этим координатам силы, с которыми рабочий орган взаимодействует с объектами внешней среды.

Предлагаемая концепция может послужить новым подходом к организации маневровой работы на станции. Разработка алгоритмов действий работников станции поможет разработать техническое задание для разработчиков специализированных роботов.

УДК 626.212.5

ОРГАНИЗАЦИЯ СОРТИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ ПОТЕРИ ВАГОННЫМИ ЗАМЕДЛИТЕЛЯМИ ТОРМОЗНОЙ МОЩНОСТИ

Д. Н. КОЗАЧЕНКО, Н. И. БЕРЕЗОВЫЙ

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. акад. В. Лазаряна, Украина*

С. В. ГРЕВЦОВ

Львовский колледж транспортной инфраструктуры, Украина

Одной из острых проблем механизированных сортировочных горок Украины является изношенное состояние вагонных замедлителей, которые в результате этого полностью или частично отключаются, либо не могут реализовывать нормативную тормозную мощность. Также необходимо отметить существенное падение объемов перевозок, которое привело к образованию резервов перерабатывающей способности горок. Целью выполненного исследования была разработка требований к организации сортировочного процесса в условиях, когда мощность тормозных позиций является меньше номинальной.

Действующие нормативно-технические документы, регламентирующие эксплуатационную работу сортировочных горок, не содержат прямых указаний о порядке действий в случае потери вагонными замедлителями тормозной мощности, в результате чего возникают угрозы безопасности движения. На основе анализа опасных ситуаций, возникновение которых возможно на сортировочной горке, а также моделирования скатывания отцепов установлена связь между величиной усилий нажатия шин замедлителей на колеса вагонов и режимами отпуска, обеспечивающими безопасность сортировочного процесса. Разработана методика, позволяющая на основании измеренных усилий нажатия шин замедлителей на колесо вагона определить один из режимов функционирования горки: штатный режим; защищенный режим обеспечения требований интервального регулирования скорости скатывания отцепов, который реализуется за счет снижения скорости надвига и прерывания отпуска при прогнозировании опасных ситуаций на спускной части горки; защищенный режим обеспечения требований прицельного

регулирования скорости скатывания отцепов, который реализуется за счет дополнительного башмачного торможения отцепов, прерывания роспуска для обеспечения возможности последовательного торможения отцепов регулировщиками скорости скатывания вагонов и выполнения дополнительной работы по подготовке путей к роспуску; запрет на спуск вагонов с горки без локомотива.

Результаты выполненных исследований могут быть использованы для дополнения «Инструкции по техническому обслуживанию устройств механизированных и автоматизированных сортировочных горок» с целью определения ограниченных режимов роспуска при обнаружении уменьшения мощности замедлителей ниже номинальной.

УДК 656.222.3

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВАГОНПОТОКАМИ

В. Г. КОЗЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. Б. МАКРИДЕНКО

Белорусская железная дорога, г. Минск

Организация вагонопотоков на железнодорожном транспорте осуществляется на основе плана формирования поездов (далее – ПФП), от выбора варианта реализации которого непосредственно зависит уровень безопасности и эксплуатационные расходы всех участников перевозочного процесса. Рациональная система организации множества корреспонденций вагонопотоков в поезда различной категории будет обеспечена только при выполнении назначений оптимального ПФП, определение которого является одной из основных задач перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Точность расчета по определению из множества различных вариантов оптимального ПФП зависит от актуальности и достоверности исходных параметров, а также от выбора метода расчета.

Методы повышения точности расчета ПФП в первую очередь должны быть направлены на повышение достоверности и актуальности исходных параметров расчета. В системе формирования исходных параметров ПФП основным звеном являются расчетные вагонопотоки, процесс формирования которых является очень трудоемким. Незначительное изменение даже одной корреспонденции вагонопотоков может повлиять на результат расчета ПФП и в итоге изменить всю систему организации вагонопотоков на железнодорожной сети. Поэтому необходимо повышать точность расчета плана перевозок грузов, совершенствовать методы идентификации корреспонденций вагонопотоков и их маршрутов следования на железнодорожной сети, разработать соответствующую методику определения и агрегирования корреспонденций на объектах инфраструктуры с учетом доступа множества перевозчиков.

Важным фактором, оказывающим влияние на эффективность выбранной системы организации вагонопотоков, является выбор методики расчета ПФП. Существует множество методик расчета ПФП, которые сводятся к двум основным методам расчета: абсолютного расчета и аналитических сопоставлений. На практике наибольшее распространение получили аналитические методы расчета, т.к. позволяют производить расчет на участках с большим количеством станций. Однако данный метод расчета предусматривает определение варианта ПФП с минимально допустимым отклонением от оптимального. На расчетных направлениях с количеством 10 и более станций, что характерно для транспортной железнодорожной сети Евразийского экономического союза, вероятность нахождения оптимального ПФП формирования составляет менее 20 % [1]. Также во всех аналитических методах расчета условие выделения отдельного назначения оценивает только количественные затраты, при этом не учитывается структура вагонопотока, которое выделяется в данное назначение. Поэтому необходимо повышать точность аналитических методов расчета за счет применения адаптивного (релятивного) условия оценки выделения назначений в оптимальных ПФП.

$$t_{pq}^{np} = \max \left(\frac{n_{pq} \sum_{i=p+1}^{q-1} t_i^{\text{ЭК}} - c_p m_p}{n_{pq}} \right) \quad \text{или} \quad t_{pq}^{np} = \max \left(\sum_{i=p+1}^{q-1} t_i^{\text{ЭК}} - \frac{c_p m_p}{n_{pq}} \right), \quad (1)$$

где n_{pq} – суточный вагонопоток между техническими станциями p и q ; $t_i^{\text{ЭК}}$ – экономия в часах при пропуске вагона через соответствующую i -ю станцию без переработки; c_p – параметр накопления составов поездов на p -й станции; m_p – средний состав формируемого поезда на p -й станции ($c_p m_p$ – затраты вагоно-часов накопления на одно назначение на p -й станции).

Эффективность предложенного условия оценки была подтверждена в результате ряда проведенных экспериментов, в которых методом ситуационного моделирования различных состояний расчетного полигона и транспортного потока формировались исходные параметры для разработки ПФП. Далее на основании полученных исходных данных производился расчет методом совмещенных аналитических сопоставлений с использованием различных условий оценки выделения корреспонденций вагонопотоков в самостоятельное назначение, а также сравнительный анализ и оценка полученных результатов [2]. 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 новым 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.

Кроме того, при значительных отклонениях размеров вагонопотоков принятый ПФП не только не обеспечивает экономической эффективности продвижения вагонопотока, но и создает значительные трудности в эксплуатационной работе железнодорожных станций и участков, а иногда и полную невозможность выполнения принятого варианта ПФП в текущей оперативной обстановке на сети железных дорог. Для повышения безопасности и эффективности перевозок грузов предложена технология адаптивного управления вагонопотоками на основе динамической модели прогнозирования и оценки транспортных потоков. Предложенная технология позволяет варьировать совокупностью методов и инструментов применяемых для решения задач организации вагонопотоков, создавать новые комбинации и последовательности действий при разработке ПФП с целью повышения безопасности и эффективности системы организации вагонопотоков.

Список литературы

- 1 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. – С. 58–60.
- 2 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. – С. 49–51.

УДК 656.22.05

К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ПОЕЗДНОГО ДИСПЕТЧЕРА

В. Г. КУЗНЕЦОВ, Д. В. ЗАХАРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Управление движением поездов на железнодорожном участке относится к сфере ответственных процессов и базируется на получении своевременной и качественной информации о поездном положении. Информация, получаемая поездным диспетчером (ДНЦ), предназначена для подготовки и

принятия решений при управлении движением поездов, в штатных и в нестандартных ситуациях. Отклонения в движении поездов от нормативного или актуального графика движения (ГДП) требуют от ДНЦ принятия мер для нормализации поездной обстановки.

Движение поездов без отклонений от ГДП обеспечивается правильной организацией работы и точным выполнением технологических процессов работы станций, локомотивных и вагонных депо, тяговых подстанций, дистанций пути, пунктов технического обслуживания и других подразделений, связанных с движением поездов. Значительное влияние оказывают на безопасность движения надежность работы технических устройств, которые обеспечивают безопасность автоматического управления и регулирования скорости движения поездов, устойчивость работы средств связи, качество передаваемой и получаемой информации о состоянии движения поездов.

Информация о движении поездов, получаемая ДНЦ, передается на автоматизированные рабочие места (АРМ), которые являются частью информационно-управляющих систем. Наличие достоверной и полной информации о ходе перевозочного процесса позволяет ДНЦ осуществлять своевременный контроль и анализ поездной работы.

Работа ДНЦ относится к напряженной психофизиологической деятельности. Особенно напряженной работа по переработке информации бывает у ДНЦ при наличии нестандартных и чрезвычайных ситуаций, которые могут быть вызваны различными причинами: сбой в графике движения поездов; повреждение контактной сети, пути, устройств СЦБ или других устройств; пропуск опаздывающих пассажирских поездов по участку; вынужденной остановки поезда на перегоне; обнаружение в составе поезда неисправностей вагона, локомотива, угрожающим безопасности движения и другими.

При возникновении нестандартных ситуаций значительно увеличивается объем передаваемой информации. Работа ДНЦ основана на передаче потоков информации, данные о которых диспетчер получает с монитора АРМ в виде изображений мнемосхем, графиков, таблиц, информационных сообщений, получает аудиоинформацию и передает переработанную и необходимую для полного выяснения поездной ситуации информацию с использованием ввода данных на клавиатуре, а также передает информацию по средствам селекторной связи и телефону.

В теории управления информация оценивается с помощью статистической теории с позиции меры неопределенности. При получении информации неопределенность о состоянии поездной работы уменьшается. При этом не определяется смысл передаваемой информации, т.е. ее семантическое содержание. В статистической теории основное внимание обращается на распределение отдельных квантов сообщений. На основе некоторых обобщенных характеристик можно оценить количество информации в квантах, которое может значительно увеличиваться. Таким образом, с помощью статистической меры информации можно связать вероятность появления каждого информационного сообщения и количество информации, в том числе при наличии нестандартных ситуаций.

Оценить количество визуальной информации, которую диспетчер получает через устройства отображения состояния объектов управления и в виде письменных информационных сообщений (информационные макеты распоряжения и т. д.) можно при применении методики, позволяющей аналитически определить количество поступающей визуальной информации перерабатываемой диспетчером.

Диспетчер фиксирует визуально любое изменение поездного положения на мнемосхеме участка. Поскольку состояние любого контролируемого или управляемого объекта дискретно (открыто-закрыто, включено-выключено) диспетчерская централизация относится к системе дискретного действия. При этом изменение состояния контролируемых объектов может происходить под воздействием на напольные устройства через каналы телесигнализации (зрительно определяется занятость установленных маршрутов диспетчером, перекрытие сигналов, путей и т.д.), так и за счет посылки управляющих команд через каналы телесигнализации (визуальная фиксация диспетчером установки маршрутов, отмена маршрутов, открытие сигналов и т.д.).

Методика, которая существует для определения количества визуальной информации, не учитывает неравномерность визуальной информационной загрузки ДНЦ в различные периоды времени, риски, возникающие в различных сложных ситуациях и с высокой энтропией процессов. Поэтому важно решить задачу количественной оценки информации, которую перерабатывает диспетчер, и использовать методику, позволяющую детально учесть визуальную и аудиальную нагрузки на диспетчера.

При возникновении нестандартных ситуаций увеличивается объем перерабатываемой ДНЦ информации, имеющей высокий уровень энтропии. ДНЦ приходится выполнять одновременно несколько операций, что требует напряжения зрительного и слухового анализаторов, значительной концентрации внимания, использования оперативной и долговременной памяти.

Прогнозирование информационной нагрузки диспетчера в нестандартных ситуациях может быть осуществлено с применением метода имитационного моделирования, который позволит прогнозировать все моменты нахождения, прибытия и отправления поездов на диспетчерском участке.

Имитационная модель позволяет формально описать логику функционирования системы и взаимодействие ее отдельных элементов, учитывает наиболее существенные причинно-следственные связи. Имитационное моделирование поездной работы на участке позволяет автоматически определять значения параметров движения поездов на станциях и перегонах, менять при этом условия протекания процесса и учитывать случайные события.

Нестандартные ситуации могут вызвать в отдельные периоды времени значительное сгущение размеров движения поездов и привести к незапланированному в ГДП увеличению сбоев движения поездов. Возникшая непредвиденная ситуация приводит к изменению количества и качества информационных потоков. Дополнительная информационная нагрузка на диспетчера может быть оценена по заранее определенным критериям.

Предлагается имитационная модель прогнозирования информационной нагрузки на диспетчера при возникновении нестандартных ситуаций, которая позволит рассмотреть различные варианты, учитывающие поездное положение на диспетчерском участке и сделать соответствующие выводы.

На основе варьирования размеров движения поездов, скорости движения поездов, а также темпов поступления поездов на участок можно получить модель с высокой степенью достоверности.

Технология работы диспетчерского участка может быть представлена как взаимосвязь элементарных операций. При моделировании следует учитывать:

- размеры движения поездов всех категорий, предусмотренные в ГДП;
- неравномерность движения поездов по участку;
- скорости движения грузовых и пассажирских поездов различных категорий;
- поступление поездов с других участков инфраструктуры и технических станций;
- время стоянок поездов на станциях;
- прием и отправление поездов на станциях;
- ограничения по устройствам инфраструктуры и подвижному составу и т.п.

Модель позволит анализировать текущую поездную обстановку, выявить возможные затруднения в работе диспетчера, определить различные варианты пропуска поездов, прогнозировать пропуск поездов на участке с учетом прогнозируемых ограничений.

Расчет количества и определение качества информации, поступающей и перерабатываемой ДНЦ в зависимости от характера выполняемых операций за рабочий период времени с помощью имитационного моделирования может быть определен в штатных и в нестандартных ситуациях.

Определение информационной загрузки диспетчера, в зависимости от реального поездного положения на участке с учетом риска возникновения нестандартных ситуаций в рассматриваемый период времени, а также от наиболее влияющих факторов и ограничений позволит разработать мероприятия для повышения качества диспетчерского управления, определить дальнейшие пути автоматизации процессов оперативного управления поездной работой.

УДК 656.224.072.4

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЕЗДОПОТОКА НА ОРГАНИЗАЦИЮ ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ ПО ПОСТОЯННОМУ РАСПИСАНИЮ

В. Г. КУЗНЕЦОВ, Ф. П. ПИЩИК, Е. А. ФЁДОРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. А. ГЕРАСИМОВ, Е. Н. ЗАВОДЦОВ

Белорусская железная дорога, г. Минск

Развитие информационных технологий в сфере организации перевозок способствует применению технологий движения грузовых поездов, увязанных на значительных по протяженности полигонах железнодорожной сети, переходу к процессно-объектному методу моделирования движения поездов, расширению движения поездов по постоянному расписанию.

Применение на участках инфраструктуры железной дороги технологии движения грузовых поездов по постоянному расписанию является сложной сетевой задачей и ее решение зависит от множества факторов, которые влияют на выбор способа организации движения поездов по участкам инфраструктуры. К основным факторам можно отнести: соответствие плана формирования (ПФ) и графика движения поездов (ГДП); неравномерность грузовых перевозок; технические возможности инфраструктуры; оперативность взаимодействия участников перевозочного процесса при изменении образования поездопотока и ряд других.

Наиболее существенно организация движения поездов по постоянному расписанию зависит от параметров поездопотоков, заявляемых перевозчиками оператору инфраструктуры для разработки ГДП. Оператор инфраструктуры должен реализовать в соответствии с технико-эксплуатационными возможностями инфраструктуры заявленные параметры следования поездов по участкам и техническим станциям, определенные в результате расчета ПФ j -м перевозчиком, и обеспечить синергетический эффект единой технологии перевозочного процесса (ЕТПП) на полигоне железной дороги.

К параметрам поездопотоков, которые влияют на способ организации при разработке ГДП, относят: категория грузового поезда; маршрут следования; порядок обработки на технических станциях маршрута; нормы массы и длины заявленных поездов; маршрутная скорость; порядок предъявления на полигон инфраструктуры:

$$N_{(p;q)_i}^{\Gamma_{ДП}} = (z_k; (p; \{s_k\}; q); (Q, m)_{(p;q)_i}; T_{(p;q)_i}^P; \{T_{(p;q)_i}^{s_k}\}; T_{(p;q)_i}^D),$$

где z_k – кластер поездных заявок к которому отнесена i -я нитка ГДП; $(p; \{s_k\}; q)$ – маршрут следования на инфраструктуре по техническим станциям $\{s_k\}$; $(Q, m)_{(p;q)_i}$ – нормы массы и длины для установленной категории грузового поезда ПФ j -го перевозчика; $T_{(p;q)_i}^P$ – время (расписание) предъявления поезда на инфраструктуру; $T_{(p;q)_i}^{s_k}$ – нормативное время обслуживания поезда на технической станции маршрута следования; $T_{(p;q)_i}^D$ – нормативное время следования i -го грузового поезда на маршруте в соответствии установленными требованиями НПА и договором перевозки.

При прокладке в ГДП ниток движения поездов по постоянному расписанию на маршрутах следования поездов увеличивается требование к параметрам надежности ЕТПП участниками перевозочного процесса, т.к. необходимо обеспечить эксплуатационную надежность ГДП оператором инфраструктуры. Применимость постоянного расписания при организации движения заявленных перевозчиками грузовых поездов ограничивается уровнем эксплуатационной надежности объектов перевозочного процесса (железнодорожных станций и участков, локомотивов, вагонов и др.) допускающие возможные потери при нарушении расписания по нитке ГДП:

$$\sum N_{(p;q)_j}^j (1 - \prod P_k^j) \bar{c}_j \leq C_{\max}^j,$$

где $N_{(p;q)_j}^j$ – число грузовых поездов, организованных по постоянному расписанию, с участием объектов j -го участника перевозочного процесса; P_k^j – вероятность обеспечения надежного следования поезда k -м объектом j -го участника перевозочного процесса; \bar{c}_j – средняя величина потерь, связанных с восстановлением работоспособности транспортной системы для j -го участника перевозочного процесса при нарушении расписания по нитке ГДП; C_{\max}^j – максимально допустимый размер издержек для j -го участника перевозочного процесса, определяемый исходя из уровня ожидаемых издержек при переходе на движение поездов по постоянному расписанию.

Количество заявленных ниток перевозчиками для организации движения грузовых поездов на участке инфраструктуры включает два вида поездопотока:

$$N_{ГДП}^n = N_{ГДП}^{n.p} + N_{ГДП}^{c.p},$$

где $N_{ГДП}^{n.p}$, $N_{ГДП}^{c.p}$ – соответственно заявленные нитки ГДП для организации движения поездов по постоянному и свободному расписанию.

Заявленные нитки для организации движения по постоянному расписанию образуются за счет **ядра** грузовых поездов: маршрутов с мест погрузки, технологических, контейнерных, контрейлерных, ускоренных, порожних маршрутов операторов подвижного состава и т.п., ядра сквозных грузовых поездов, местных поездов:

$$N_{ГДП}^{п.р} = N_{я.м}^{п.р} + N_{я.скв}^{п.р} + N_{м.л}^{п.р},$$

где $N_{я.м}^{п.р}$, $N_{я.скв}^{п.р}$, $N_{м.л}^{п.р}$ – соответственно число ниток ядра грузовых поездов: маршрутов, сквозных, местных.

Заявленные нитки для организации движения по свободному расписанию образуются за счет **факультативных и дополнительных** грузовых поездов: маршрутов с мест погрузки, технологических, контейнерных, контрейлерных, ускоренных, порожних маршрутов операторов подвижного состава и т.п., сквозных грузовых поездов, местных поездов:

$$N_{ГДП}^{с.р} = N_{т.рез}^{с.р} = N_{ф}^{с.р} + N_{д}^{с.р} = N_{р.м}^{с.р} + N_{р.скв}^{с.р} + N_{р.м.л}^{с.р},$$

где $N_{т.рез}^{с.р}$ – технологический резерв ниток в ГДП при организации грузового движения; $N_{ф}^{с.р}$, $N_{д}^{с.р}$ – количество заявленных факультативных и дополнительных грузовых поездов в ГДП; $N_{р.м}^{с.р}$, $N_{р.скв}^{с.р}$, $N_{р.м.л}^{с.р}$ – соответственно число факультативных и дополнительных ниток грузовых поездов: маршрутов, сквозных, местных.

Общее количество заявленных ниток $N_{ГДП}^{п}$ в ГДП варьируется в пределах $(N_{ядр}^{п} + \min N_{ф}^{п}) \dots (N_{ядр}^{п} + \max N_{ф}^{п} + \max N_{д}^{п})$. Потребные нитки ГДП должны быть увязаны с наличной пропускной способностью участка инфраструктуры и техническим резервом пропускной способности:

$$N_{ГДП}^{п} \leq N_{н}^{п} - \Delta N_{н}^{рез},$$

где $N_{н}^{п}$ – наличная пропускная способность в грузовом движении участка инфраструктуры; $\Delta N_{н}^{рез}$ – резерв пропускной способности участка инфраструктуры для обеспечения восстановления поездной работы при отказах технических устройств и подвижного состава.

Структура и размеры поездопотока в ГДП оператором инфраструктуры корректируются на основе анализа исполненного поездопотока на участках полигона ЕТПП. При помощи юниверсов Business object, сформированных на основании ИАС ПУР ГП, выделяются назначения поездов ПФ, продвижение которых можно организовать по постоянному расписанию.

Организация движения поездов по постоянному расписанию оценивается по совокупному эффекту всех участников ЕТПП. Критерием оценки эффективности применения постоянного расписания в системе организации движения грузовых поездов является величина достигнутого транспортного эффекта $R_{о.н}^{п.р}$, определяемого выполненным пробегом поездов по постоянному расписанию $\sum N L_{(p,q)}^{п.р}$, при минимуме дополнительных затрат времени нахождения поездов постоянного расписания в пути следования на маршруте (поездо-часы) $\sum \Delta N T_{(p,q)}^{п.р}$. Критерием оценки эффективности применения постоянного расписания в системе организации вагонопотоков является величина транспортного эффекта $R_{ГДП}^{п.р} (nS)$ от перемещения вагонов в поездах, следующих по постоянному расписанию, определяется в вагоно-километрах пробега при минимуме дополнительных затрат (издержек), связанных с ожиданием обслуживания поездов на технических станциях $\sum \Delta N T_{(p,q)}^{т.с}$ и увеличением времени продвижения поездов $\sum \Delta N T_{(p,q)}^{у.п}$ по участкам инфраструктуры. Для клиентов (операторов вагонных парков, грузоотправителей, грузополучателей) железнодорожного транспорта критерий эффективности организации движения грузовых поездов по постоянному расписанию является величина транспортных издержек $\Delta r_{ку}^{п.р}$, связанных с затратами времени на продвижение груженых и порожних вагонопотоков в составах поездов по назначениям плана формирования.

ПЕРЕВОЗОЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ КАК ОСНОВА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

О. Н. ЛИСОГУРСКИЙ, А. А. АКСЁНЧИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

К. И. ГЕДРИС

Белорусская железная дорога, г. Минск

Основной целью деятельности железнодорожного транспорта является освоение заданных объемов перевозок и обеспечение бесперебойной работы всех подсистем транспорта. Анализ объемов перевозок за 1-е полугодие 2019 года показывает, что на международное сообщение приходится до 80 % от общего объема перевозок. При этом с 2015 года наблюдается увеличение объемов перевозок и грузооборота по основным направлениям следования вагонопотоков. Рост объемов вагоно- и поездопотока оказывает непосредственное влияние на загрузку инфраструктуры, поэтому важным является вопрос наличия резервов железной дороги и максимально возможных объемов перевозок, которые могут быть освоены при существующем ее развитии.

Для полигона Белорусской железной дороги были выполнены расчеты по определению возможных объемов перевозок (перевозочного потенциала) и резервов ее основных подсистем. Расчеты производились по четырем направлениям:

1) *Определение перевозочного потенциала исходя из ограничений пропускной способности участков инфраструктуры дороги.* Для этого были определены: максимально возможная пропускная способность – теоретическая пропускная способность участков (в парах поездов); графиковая пропускная способность – с учетом съема грузовых поездов поездами других категорий (в парах грузовых поездов) при существующем графике движения поездов и потребная пропускная способность – существующие размеры движения грузовых поездов (в парах грузовых поездов).

Перевозочный потенциал рассчитывался с учетом унифицированной и средней массы грузовых поездов. Резерв пропускной способности был определен как разница между графиковой и потребной пропускной способностью.

Пропускная и провозная способность была рассчитана для сети Белорусской железной дороги, разделенной на 42 участка. Из них на 8 участках резерв пропускной способности не превышает 25 процентов, а на 12 участках практически отсутствует (не более 5 процентов).

2) *Определение перевозочного потенциала исходя из ограничений пропускной способности железнодорожных станций.* Расчет пропускной и перерабатывающей способности выполнялся для 20 технических станций, участвующих в формировании и переработке вагонопотоков. Расчет производился для парков станций и горочных устройств. На 4 станциях практически отсутствует резерв пропускной способности парков: Молодечно (резерв 10 пар поездов в сутки), Барбаров и Новополоцк (4 пары), Кричев-1 (3 пары). По перерабатывающей способности горочных устройств резерв менее 5 поездов в сутки на станциях: Минск, Лунинец, Лида, Барбаров, Осиповичи, Слуцк, Полоцк, Новополоцк.

Особенностью сети Белорусской железной дороги является неравномерная загрузка участков железной дороги по направлениям и в поездах (разница поездопотоков между участками достигает 3–8 раз, а в четном и нечетном направлении – до трех раз). Таким образом, на наиболее загруженных направлениях следования поездопотоков: Орша – Минск – Барановичи – Брест; Калинковичи – Лунинец – Брест и Полоцк – Молодечно – Лида – Гродно резервы пропускной способности составляют менее 10 пар поездов в сутки.

Основным транзитным направлением, соединяющим Российскую Федерацию и страны Евросоюза является направление Красное – Орша – Минск – Барановичи – Брест. При существующем ГДП, резерв пропускной способности составляет 1–2 поезда, то есть практически отсутствует. Сравнение теоретических размеров и ГДП позволяет сделать вывод, что ограничивающими участками на направлении является Орша – Минск (резерв 16 поездов) и Брест – Тересполь (резерв 0 поездов). Пропускная способность станций позволяет увеличить пропускаемый транзитный вагонопо-

ток, но ограничением является перерабатывающая способность станций Орша (резерв 8 поездов) и Минск – Сортировочный (резерв 1 поезд).

Параллельными направлениями, которые могли бы освоить возрастающий поток, являются: Заольша – Витебск – Полоцк – Молодечно – Лида – Гродно и Закопытье – Гомель – Калинковичи – Лунинец – Брест.

На направлении Заольша – Гродно, при существующем ГДП, резерв пропускной способности составляет 1 поезд, то есть практически отсутствует. Сравнение теоретических размеров и ГДП позволяет сделать вывод, что ограничивающими участками на направлении является Заольша – Витебск (резерв 10 пар поездов) Полоцк – Молодечно (резерв 7 пар поездов), Молодечно – Лида (резерв 4 пары поездов), Лида – Гродно (резерв отсутствует). Пропускная способность станций позволяет увеличить пропускаемый транзитный вагонопоток, но ограничением является перерабатывающая способность станций Полоцк (резерв 4 поезда) и Лида (резерв 2 поезда).

На направлении Закопытье – Брест, при существующем ГДП, резерв пропускной способности составляет 5 пар поездов. Сравнение теоретических размеров и ГДП позволяет сделать вывод, что ограничивающими участками на направлении является Ситница – Лунинец (резерв 2 пары поездов), Лунинец – Брест (резерв 2 пары поездов), Брест – Тересполь (резерв отсутствует). Пропускная способность станций позволяет увеличить пропускаемый транзитный вагонопоток, но ограничением является перерабатывающая способность станций Лунинец (резерв 3 поезда).

Анализ инфраструктурной составляющей показывает, что максимальная провозная способность по всем участкам Белорусской железной дороги при существующем графике движения поездов составляет 176,78 млн т нетто. Потребная провозная способность составляет 116,1 млн т нетто, следовательно имеется резерв провозной способности. Наличный грузооборот по всем участкам Белорусской железной дороги составляет 59 399,6 млн т·км нетто, а потребный грузооборот – 43 703,8 млн т·км нетто. При этом необходимо учитывать, что наличная провозная способность на многих участках не будет достигнута, так как они являются малодейственными, поэтому реальная теоретическая провозная способность будет на 15–20 % меньше рассчитанной.

3) *Определение перевозочного потенциала, осваиваемого вагонным парком при различных вариантах его использования.* Инвентарный парк вагонов Белорусской железной дороги на сентябрь 2018 года составил 26 842 грузовых вагонов. При использовании вагонного парка для реализации перевозок только во внутриреспубликанском сообщении максимальный объем перевозок составит 97,74 млн т, при использовании инвентарного вагонного парка для перевозок в межгосударственном сообщении максимальная теоретическая погрузка составляет 63,06 млн т в год, однако необходимо учитывать нахождение части вагонов инвентарного парка в нерабочем парке. В 2018–2019 году наблюдается значительное превышение объемов заявок на перевозку над возможностями железной дороги, наблюдается дефицит вагонного парка даже с учетом парка собственных вагонов и вагонов других ЖДА. Ежемесячный дефицит вагонов составляет около 18 000 вагонов.

4) *Определение перевозочного потенциала, которые можно освоить локомотивным парком Белорусской железной дороги.* Для освоения существующего объема перевозок потребный парк локомотивов должен составлять 78 электровозов и 160 тепловозов. При этом резерв электровозов составляет 4 локомотива в сутки, а у тепловозов наблюдается недостаток локомотивов на уровне 10 локомотивов в сутки, таким образом по многим участкам локомотивный резерв отсутствует. При существующей технологии работы, локомотивным парком может быть перевезено 114,1 млн т нетто или 42,95 млрд т·км нетто.

Таким образом, на Белорусской железной дороге, при существующем развитии инфраструктуры и наличии перевозочных ресурсов, практически отсутствуют резервы перевозочного потенциала, поэтому Белорусской железной дорогой разрабатываются ряд мероприятий и программ, направленных на повышение перевозочного потенциала: разработка проектов увеличения пропускной способности участков и станций; организация движения грузовых поездов по постоянному расписанию; распределение сортировочной работы между станциями полигона для уменьшения количества переработок вагонопотока; развитие систем оперативного планирования и управления перевозочным процессом, создание прогнозных моделей движения вагоно- и поездопотоков; повышение эффективности управления вагонным парком на территории других ЖДА; изменение технологии эксплуатационной работы локомотивного парка при электрификации железнодорожных направлений и другие.

КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИ ОБНОВЛЕНИЯ ПАРКА ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ НАСЕЛЕНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

И. М. ЛИТВИНОВА, М. Ю. СТРАДОМСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В последние годы Белорусской железной дорогой проводится планомерная работа по повышению доходности пассажирских перевозок. Концепцией и Программой развития пассажирских перевозок определены **основные стратегические направления организации движения пассажирских поездов**, такие как:

- формирование эффективной системы организации движения пассажирских поездов за счет задействования комфортабельного моторвагонного подвижного состава (МВПС) и поэтапного вывода из эксплуатации пассажирских вагонов локомотивной тяги (ПВЛТ);
- повышение скоростей движения пассажирских поездов, курсирующих в межрегиональном сообщении, при безусловном обеспечении безопасности движения;
- уменьшение размеров движения пассажирских поездов, курсирующих в ночное время в межрегиональном сообщении;
- организацию пересадочных центров (узлов), обеспечивающих перемещение пассажиропотоков с прилегающих направлений;
- использование комфортабельных ПВЛТ и МВПС для перевозки пассажиров в международном сообщении;
- минимизацию количества прицепных и беспересадочных пассажирских вагонов в международном сообщении.

Планомерно реализуется Программа замещения составов из ПВЛТ на МВПС. Так, в настоящее время осуществляется поставка 6 составов дизель-поездов ДП-6 (2019–2020 годы) и подписан контракт на приобретение 10 составов электропоездов ЭП^м-5 (2021–2022 годы), что позволит продолжить высвобождение устаревшего парка ПВЛТ и обеспечить предоставление пассажирам современного пакета услуг и быструю доставку к месту назначения.

В то же время, в графике движения пассажирских поездов на 2018–2019 годы основная часть пассажиропотока в международном и значительная часть в межрегиональном сообщении по-прежнему осваивается ПВЛТ: 33 (89 %) и 44 (72 %) назначения поездов соответственно. Удельный вес МВПС значительно ниже: в международном сообщении – 4 назначения поездов (11 %), в межрегиональном – 17 назначений поездов (28 %). Следует также отметить тенденцию расширения использования МВПС в межрегиональном сообщении.

Для транспортного обеспечения населения Белорусской железной дорогой задействовано более 1200 ПВЛТ, что позволяет организовать движение пассажирских поездов по 77 маршрутным назначениям между основными станциями образования пассажиропотока. Анализ технического состояния ПВЛТ показывает, что за последние пять лет произошло значительное старение парка – показатель по среднему сроку эксплуатации пассажирских вагонов вырос до 26,4 года. Увеличение этого показателя связано с ростом разрыва в балансе выбытия и приобретения ПВЛТ, в том числе из-за снижения количества используемых в обеспечении установленных размеров движения вагонов. В структуре общего парка ПВЛТ со сроком службы до 25 лет занимают 28 % (рисунок 1).

Таким образом, начиная с 2021 года более 70 % ПВЛТ будет эксплуатироваться со сроком, превышающим установленный заводом-изготовителем, и требовать продления срока эксплуатации и при необходимости проведения капитально-восстановительного ремонта (КВР). Это не только негативно сказывается на привлекательности поездок на железнодорожном транспорте, но и несет в себе риски в части обеспечения безопасности движения.

Существующий темп обновления парка ПВЛТ составляет менее 1 % в год от размера эксплуатируемого парка при потребной величине среднегодового обновления: по назначенному сроку службы – 4,5 %, по продленному сроку службы – 2,5 %. Обновление парка пассажирских вагонов за последние 5 лет составило 2,4 %, что является наименьшим темпом обновления за период жизненного цикла вагонов. Износ вагонов ПВЛТ от назначенного срока службы составляет 94 %, а с учетом продления срока

службы – 56,7 %. В таких условиях для оказания транспортных услуг в ближайшие 5 лет требуется разработка сценария использования и обновления парка ПВЛТ для обеспечения безопасности движения пассажирских поездов и удовлетворения транспортных потребностей населения.

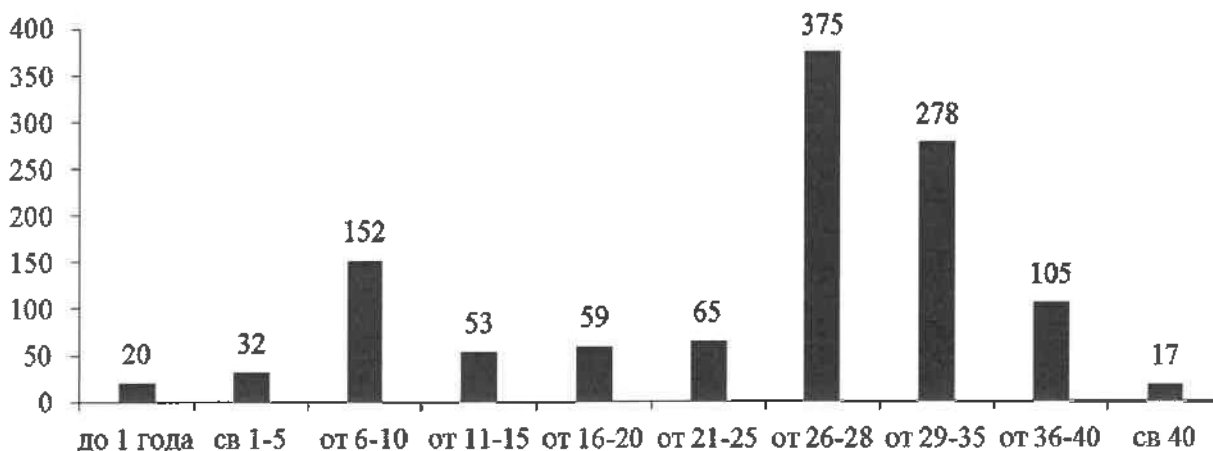


Рисунок 1 – Структура парка ПВЛТ по сроку службы

Для освоения пассажирских перевозок ПВЛТ предлагается предусмотреть два сценария:

– **базовый** – основанный на тенденциях развития пассажирских перевозок всеми видами транспорта, включая железнодорожный транспорт общего пользования, развитие транспортной инфраструктуры, пассажирского подвижного состава, выполнении государственной программы развития транспортного комплекса, динамики изменения тарифов на пассажирские перевозки и их соотношения по видам транспорта, динамики изменения доходов населения. В результате реализации базового сценария прогнозируется прирост объемов перевозок пассажиров на уровне 1,0018 % в год;

– **целевой** – основанный на прогнозе социально-экономического развития Республики Беларусь, включающем показатели внутреннего валового продукта и роста доходов населения по программе Министерства экономики Республики Беларусь, а также на прогнозах инфляции и роста цен на пассажирский подвижной состав, индексации тарифов на железнодорожные пассажирские перевозки, которые определяют государственные программы Республики Беларусь. В результате реализации целевого сценария прогнозируется прирост объемов перевозок пассажиров на уровне 1,003 % в год.

Обеспечение перевозок пассажиров по двум сценариям на перспективу до 2025 года необходимо осуществлять исходя из положений Концепции и реализации следующих подходов в части пассажирского подвижного состава:

– продолжение расширения использования МВПС для перевозок в межрегиональном сообщении с выбором величины состава в зависимости от объема пассажиропотока и потребной регулярности движения;

– обновление парка ПВЛТ с учетом его замещения на МВПС и реализации программы их закупки;

– использование пассажирских поездов на ПВЛТ на дальних маршрутах межрегионального сообщения с учетом обеспечения услуг перевозки пассажиров между регионами, не имеющими регулярного движения межрегиональных поездов на МВПС;

– использование пассажирских поездов, состоящих из ПВЛТ (как правило ночного следования или комбинированного ночного и дневного), для компенсации неравномерности перевозки пассажиров в отдельные периоды недели, месяца.

Для реализации указанных подходов и обеспечения транспортных потребностей населения в заданных сценариями объемах, требуется в период до 2025 года увеличение темпов обновления парка пассажирских вагонов по базовому сценарию – 1,0 % в год, по целевому сценарию – 1,3 % в год.

Дальнейшее обновление парка ПВЛТ необходимо осуществлять на основе обеспечения баланса пассажирских вагонов с учетом следующих процессов:

– выбывания пассажирских вагонов из эксплуатации;

– продлении срока службы пассажирских вагонов (в том числе и с проведением КВР);

– приобретения новых пассажирских вагонов;

– замены ПВЛТ на МВПС;

– мониторинга тенденций спроса на перевозку в международном и межрегиональном сообщениях.

Изменение структуры, величины и дислокации парка пассажирского подвижного состава (ПВЛТ, МВПС), используемого для перевозок пассажиров в международном и межрегиональном сообщениях, являются важными условиями оценки организационно-структурного развития системы управления парком пассажирского подвижного состава, так как процесс уменьшения парка ПВЛТ на Белорусской железной дороге при сохранении существующей технической базы по подготовке пассажирских вагонов на вагонных участках приводит к увеличению непроизводительных расходов на содержание пассажирских вагонов и увеличению разрыва между доходами от оказания услуг перевозки и расходами.

Таким образом, в перспективе необходимо сформировать модель организации подготовки и обслуживания ПВЛТ с использованием существующей базы вагонных участков, а также МВПС с использованием существующей базы локомотивных депо.

УДК 656.225.073.436

ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ, ПРИГОДНЫМ В КОММЕРЧЕСКОМ ОТНОШЕНИИ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНОГО ГРУЗА

Д. В. ЛОМОТЬКО, О. В. КОВАЛЕВА

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

Д. Г. ВОСКОБОЙНИКОВ, А. Д. СИДАРЧУК

Региональный филиал Южная железная дорога АО «Украинская железная дорога», г. Харьков

Перевозки опасных грузов – процесс значительно более сложный, чем перевозка обычных грузов. На подготовительном этапе приходится собрать в несколько раз больше документов, важно безошибочно определить класс опасности и должным образом осуществить маркировку грузов. Но одной из самых главных проблем при перевозке опасных грузов становится поиск надежного перевозчика, который имеет подвижной состав соответствующей пригодности в коммерческом отношении.

В современных условиях рост парка собственных и арендованных вагонов требует эффективно управления ими по единой технологии работы с подвижным составом. Процесс перевозок в частном подвижном составе осложняется за счет дополнительных элементов и бизнес-процессов в перевозках и, соответственно, дополнительных связей и звеньев, образующихся при появлении новых перевозчиков и операторов на транспортном рынке. Одной из главных становится проблема отсутствия единой системы управления частным парком подвижного состава. Эффективное управление перевозками возможно только при единой диспетчеризации работы с подвижным составом различных собственников. При этом в задачи такой деятельности входят не только собственно диспетчеризация перевозок, должен быть соблюден контроль и учет простоев, процесс загрузки, подбор опасных грузов для перевозок, организация обратной загрузки, выбор экономически эффективного маршрута, внедрены элементы риск-менеджмента. Расчеты показывают, что в зависимости от коэффициента порожнего пробега, среднесуточный доход от использования вагона меняется в 2–7 раз [3].

При анализе показателей оборота и простоя вагонов в 2019 г. наблюдаются положительные тенденции в части сокращения простоя вагонов на одной технической станции (уменьшился на 3,1 % к прошлому году) и простоя вагонов под одной грузовой операцией (уменьшился на 35,2 % по сравнению с прошлым годом), что соответственно повлияло на ускорение оборота грузового вагона (ускорился на 14,4 %). Анализ аварийных ситуаций с опасными грузами за последнее время показал, что на АО Украинская железная дорога состоялось два инцидента. В течение года зафиксировано 13 случаев утечки опасных грузов по причинам: истечение из-за технической неисправности котла, недокрученное грузоотправителем нижнее сливное устройство цистерн, утечки через верхний предохранительный клапан. Также состоялось два случая самовозгорания опасного груза.

К сожалению, пригодность подвижного состава для перевозки соответствующего опасного груза может определяться не только признаком технической исправности такого средства и требованиями Правил перевозок опасных грузов [2]. Такое различие между технической исправностью подвижного состава и пригодностью этого транспортного средства в коммерческом отно-

шении является слабо формализованным и четко неопределенным как в нормативном, так и в технологическом смысле.

Например, согласно ст. 31 Устава [1] «Пригодность подвижного состава для перевозки груза в коммерческом отношении определяется: вагонов – отправителем, ... контейнеров, цистерн и бункерных полувагонов – отправителем». Это означает, что четкого определения пригодности подвижного состава в коммерческом отношении Устав [1] не содержит, поэтому возникают спорные моменты между перевозчиком и отправителем, особенно при перевозках массовых опасных грузов.

Понятие пригодности подвижного состава для перевозки груза в коммерческом отношении конкретизированы в СМГС [2]: «Пригодность в коммерческом отношении вагонов, контейнеров – состояние грузовых отсеков вагонов, контейнеров, пригодных для перевозки конкретного груза, отсутствие внутри вагонов, контейнеров постороннего запаха, других неблагоприятных факторов за исключением последствий атмосферных осадков в открытых вагонах, а также особенности внутренних конструкций кузовов вагонов, контейнеров, влияющие на состояние грузов при погрузке, выгрузке и перевозке для перевозки указанного груза».

Формирование технологии обеспечения грузоотправителей подвижным составом, пригодным в коммерческом отношении для перевозки опасного груза, может быть реализовано путем перераспределения общего парка вагонов. Технология должна базироваться на современных математических методах и подходах, например, с использованием нечеткой логики в соответствующих АРМ оперативного персонала [3].

Для решения вопроса обеспечения подвижным составом на АО «Украинская железная дорога» важно учитывать срок службы вагона. Для каждой конструкции отдельно срок службы является случайной величиной. Поэтому для каждого конкретного вагона при определении фактического срока службы нужен индивидуальный подход. В некоторых случаях экономически целесообразно списать вагон до окончания назначенного срока службы из-за возникновения сплошного физического износа, или в случае морального старения. А в других – целесообразно продлить срок полезного использования, например, когда появились новые технологии капитального ремонта изношенных элементов конструкций.

Наконец, повышению уровня коммерческой пригодности подвижного состава способствует совершенствование схем погрузки и крепления. Это позволяет повысить безопасность движения транспортных средств, сохранности грузов и вагонного парка, улучшить использование подвижного состава, оптимизировать расходы, связанные с ликвидацией повреждений. Например, в результате анализа основных причин несохранившихся перевозок химических грузов установлено, что наибольшее влияние на сохранность грузов имеет состояние подвижного состава. Кроме того, значительная доля ответственности за несохранность и безопасность при перевозке химических грузов связана с обязанностями работников грузоотправителей, уровнем их специальной подготовки и с соблюдением технических условий погрузки грузов.

Таким образом, возникает необходимость уточнения в нормативном смысле определение такой системы оценки пригодности подвижного состава в коммерческом отношении. Эта оценка должна стать основой автоматизированной системы обеспечения подвижным составом, пригодным в коммерческом отношении для перевозки опасного груза. Структуру и функции соответствующих АРМ можно добавить к существующим задачам автоматизированной системы управления грузовыми перевозками АО «Украинская железная дорога» (АСК ВП УЗ Е). Перспективным видится создание автоматизированных систем по распределению подвижного состава с обязательной унификацией сообщений с международными стандартами серии ISO 9735 EDI обмена логистической информацией.

Список литературы

- 1 Про затвердження Статуту залізниць України: Постанова Кабінету Міністрів України від 06 квітня 1998 р. – № 457 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/>. – Дата доступу : 02.10.2019.
- 2 Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) [Электронный ресурс]. – Введ. 01.07.2015. – Режим доступа: <http://osjd.org/>. – Дата доступа : 02.10.2019.
- 3 Ломотько, Д. В. Formation of fuzzy support system for decision-making on merchantability of rolling stock in its allocation [Електронний ресурс] / Д. В. Ломотько, А. О. Ковальов, О. В. Ковальова // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Vol. 6. – No. 3(78). – P. 11–17. – Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.54496>. – Дата доступу : 02.10.2019.

ВЛИЯНИЕ ГРАФИКА РАБОТЫ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД МЕТРОПОЛИТЕНА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

А. В. МАРКЕВИЧ, В. Г. СИДОРЕНКО

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

«Человеческий фактор» наряду с состоянием инфраструктуры и подвижного состава является основным фактором, влияющим на безопасность транспортных систем. Реализация научно-технического проекта «Цифровая железная дорога», реализуемого ОАО «РЖД», направлена на сокращение влияния «человеческого фактора». Одной из причин, определяющих уровень рисков в работе локомотивных бригад, является соблюдение режима труда и отдыха. Создание и внедрение современных автоматизированных средств планирования способствует повышению качества режима труда и отдыха. Данная статья посвящена актуальной задаче автоматизации планирования работы локомотивных бригад в рамках экосистемы автоматизированных средств планирования и управления перевозочным процессом метрополитена.

Результатом планирования функционирования транспортной системы является плановый график движения S_M^P (ПГД), например, пассажирских поездов метрополитена (ППМ). С S_M^P тесно взаимосвязаны график оборота S_V (ГО) электроподвижного состава (ЭПС) и график работы S_W (ГР) локомотивных бригад (ЛБ). Эти три графика (введем для них единое обозначение $S = \{S_M^P \cup S_V \cup S_W\}$), как и любой продукт, имеют жизненный цикл, на каждом из этапов которого они находятся в тесном взаимодействии.

При подготовке исходных данных для автоматизированного построения S проводится проверка условий реализуемости заданных размеров движения – проверка на наличие необходимых ресурсов, в том числе человеческих.

В ходе автоматизированного построения S_M^P по возможности учитываются ограничения на минимальную и максимальную продолжительность рабочей смены (РС) ЛБ, соответствие между временами окончания движения составов и начала их движения на следующий день с целью минимизации значений критериев качества S_W в ходе его последующего построения.

В ходе автоматизированного анализа и передачи S заинтересованным службам после успешного построения проводится расчет эксплуатационных измерителей и показателей качества каждого из элементов S .

По аналогии с тем, что для S_M^P вычисляются значения критериев равномерности ввода/снятия составов; интервалов движения, а для S_V – значения критерия равномерности проведения осмотров и ремонтов ЭПС, для S_W можно ввести критерии равномерности длительности РС, длительности периодов отдыха, интервалов времени между началами РС и рассчитывать их как для каждой ЛБ, состава или для S_W в целом.

Одновременно в качестве критерия качества S_W можно рассматривать количество ЛБ N_W , задействованных в его реализации.

Анализ результатов эксплуатации S предусматривает сравнение S_M^P и графика исполненного движения S_M^R (ГИД), вычисление значений эксплуатационных измерителей для S_M^R и сравнение с плановыми значениями, определение меры влияния возмущающих факторов на успешную реализацию элементов S . S_M^R позволяет оценить качество управления движением поездов метрополитена и устойчивости ПГД к воздействию возмущающих факторов.

По аналогии с критериями, введенными для оценки S_M^R , можно ввести критерии оценки качества исполнения S_V и S_W . Кроме фактических времен начала и окончания движения ЭПС и работы ЛБ, а также фактических продолжительности интервалов движения ЭПС без осмотров, длительностей осмотров, фактических периодов труда и отдыха ЛБ можно ввести следующие критерии качества:

– факт и величина превышения допустимых значений продолжительности интервалов движения ЭПС без осмотров, периодов труда и отдыха ЛБ; снижение длительностей осмотров ниже допустимых значений;

– реализация S_V и S_W :

- количество отмененных осмотров;
- количество перенесенных осмотров;
- количество дополнительно выполненных осмотров;
- коэффициент выполнения S_V (отношение количества фактически выполненных осмотров к количеству плановых);
- количество измененных рабочих смен;
- количество дополнительных рабочих смен;
- коэффициент выполнения S_W ;

– равномерность S_V и S_W :

- значения критериев равномерности S_V и S_W , вычисленных по данным S_M^P ;
- коэффициент равномерности выполнения S_V и S_W (отношения фактических значений критериев равномерности S_V и S_W , вычисленных по данным S_M^P , к их плановым значениям);

– время восстановления графика для S_W (с момента ликвидации причины сбоя до возвращения последней ЛБ в график) – время вхождения в график.

При модернизации S предлагаются решения по модернизации элементов S с целью повышения их качества и устойчивости к воздействию возмущающих факторов, а значит, минимизации значений выбранных критериев качества.

Процесс построения S_W можно рассматривать, как завершающий подпроцесс процесса автоматизированного построения S , который происходит после окончания построения S_M^P и S_V , или как один из подпроцессов процесса автоматизированных анализа и передачи S заинтересованным службам. Процесс построения S_W включает в себя несколько подпроцессов:

– формирование S_{MW} – графика работы основных ЛБ, непосредственно задействованных в реализации S_M^P ;

– формирование S_{HW} – графика работы подменных ЛБ, задействованных в реализации S_M^P во время перерывов в работе основных ЛБ;

– формирование S_{LW} – графика работы маневровых ЛБ, задействованных в реализации маневровых перемещений составов на станциях.

S_W представляет собой объединение этих трех графиков $S_W = \{S_{MW} \cup S_{HW} \cup S_{LW}\}$.

Множества основных M_{MW} , подменных M_{HW} и маневровых M_{LW} ЛБ могут пересекаться, так как одна и та же ЛБ в разные моменты времени может быть задействована в реализации различных действий. Множество ЛБ представляет собой объединение этих трех множеств: $M_W = \{M_{MW} \cup M_{HW} \cup M_{LW}\}$.

Авторами предлагается алгоритм построения S_{MW} , заключающийся в рекурсивном вызове процедуры добавления в S_{MW} РС, необходимой для реализации заданного элемента $S_V e_V$, начиная с заданного момента времени τ при заданной последовательности РС, реализующих предыдущие и текущий элементы ГО до момента времени τ , т. е. при заданном текущем составе M_{MW} и S_{MW} .

Результаты работы предложенного алгоритма можно иллюстрировать взвешенной раскрашенной ориентированной ациклической сетью (графом с помеченными вершинами, каждому ребру которого поставлено в соответствие некое значение (вес ребра). Количество цветов, использованных при раскрашивании сети, равно мощности множества M_{MW} .

Вершины этой сети соответствуют РС. Все вершины, соответствующие РС, реализуемым одной ЛБ, имеют один и тот же цвет. Если вершины соответствуют РС, реализуемым разными ЛБ, то они имеют разные цвета. Количество вершин равно мощности множества S_{MW} . Метка, поставленная в

соответствие вершине, представляет собой кортеж q , описывающий РС и содержащий информацию о ЛБ, реализующей эту РС, продолжительности РС, условиях отдыха перед и после РС.

Ребра этой сети раскрашены в два цвета. Светлые ребра соединяют вершины одного цвета и указывают на последовательность РС, реализуемых одной ЛБ. Их вес равен продолжительности периода отдыха между двумя сменами. Темные ребра соединяют вершины, соответствующие последовательности РС в рамках одного варианта реализации S_{ν} . Их вес равен продолжительности РС, которой соответствует вершина, из которой это ребро исходит. Все ребра начинаются в вершинах с более ранним временем начала РС, чем у РС, соответствующих их конечным вершинам. Веса ребер определяют величины слагаемых, входящих в состав критериев равномерности S_{MW} .

Представленный в публикации алгоритм можно рассматривать как вариант реализации «жадного» алгоритма. Его результаты могут составлять начальное множество вариантов построения (начальную популяцию в случае применения генетических алгоритмов), и после его реализации может быть выполнен алгоритм оптимизации.

УДК 656.212.5: 656.2.08

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ НЕМЕХАНИЗИРОВАННЫХ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В. Я. НЕГРЕЙ, С. А. ПОЖИДАЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Сортировочные горки являются наиболее эффективным средством выполнения маневровой работы на железнодорожных станциях 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. В настоящее время на Белорусской железной дороге эксплуатируется 27 сортировочных горок различной мощности и технического оснащения, основную долю которых составляют немеханизированные и частично механизированные сортировочные горки (16 и 5 соответственно) средней и малой мощности. Несмотря на относительно небольшую производительность (250–1500 ваг./сут), к ним предъявляются такие же требования, как и к другим типам горок большей мощности.

В 2019 г. завершается реализация Программы повышения уровня сохранности вагонного парка, сокращения эксплуатационных расходов при переработке вагонов на сортировочных горках Белорусской железной дороги на период 2017–2018 гг. (далее – Программа), утвержденной приказом от 26.01.2017 № 117 НЗ (с дополнениями и изменениями). Программа охватывала все сортировочные горки дороги, а для 14 немеханизированных горок предусматривалось выполнение технических мероприятий по их переустройству на основе обследования основных параметров, а также проектной документации на соответствие действующим Правилам и нормам проектирования сортировочных устройств ВСН 207–89, требованиям безопасности движения и сохранности перерабатываемого подвижного состава и грузов. В обследовании участвовали и специалисты БелГУТа. При выполнении Программы использованы новые научные логико-вероятностные методы анализа и проектирования сортировочных устройств, моделирования режимов их работы, что позволило в кратчайшие сроки выявить критические несоответствия в работе горок условиям безопасности движения, сохранности подвижного состава и проектным требованиям. При этом учитывалось все многообразие факторов, влияющих на работу того или иного устройства (вероятностные характеристики перерабатываемого вагонопотока, параметры актуализированного плана и профиля путей, климатические условия работы, место расположение и др.). Так, практически на всех обследуемых горках выявлено несоответствие их высоты расчетным значениям (станция Жлобин – завышение высоты на 0,7, Степанка – 0,23, Шабаны – 0,33, Орша-Центральная – 0,33 м эн. в. и др.), превышение скоростей входа тяжелых одиночных отцепов (наиболее сложные условия проверки) на горочные и даже парковые тормозные позиции (4,5 и 3,5 м/с соответственно) из-за нерационального размещения и дефицита мощности немеханизированных тормозных средств, трудности своевременного разделения отцепов

по маршрутам движения и др. Этому «способствуют» деформация участков продольного профиля всех составных частей горок, нерациональные конструкции горочных горловин, наличие кривых участков путей с малым радиусом и неблагоприятным сочетанием в S-образных кривых, в т.ч. образованных переводными кривыми стрелочных переводов и закрестовинными кривыми и др.

В настоящее время выполняется переустройство сортировочных горок на станциях Орша-Западная и Орша-Центральная. Одним из достигнутых эффектов от реализации намеченных мероприятий Программы является сокращение в последнее время на 20 % случаев выявления термомеханических повреждений поверхности катания колесных пар вагонов (ползунов сверх нормативной величины, выщербин и др.) при роспуске на немеханизированных сортировочных горках и данная тенденция продолжает усиливаться. При этом уменьшаются скорости движения отцепов при роспуске с горки, интенсивность их торможения при одновременном увеличении количества вагонов в отцепе, в отдельных случаях удается сократить штат регулировщиков РСДВ и/или существенно снизить напряженность их труда, уменьшить расход тормозных башмаков, что в совокупности позволяет значительно снизить эксплуатационные расходы станций на переработку подвижного состава с использованием сортировочных горок.

Достигнутый эффект позволяет повысить безопасность движения поездов, сохранить работоспособность комплекса пути и вагонного парка, снизить расходы, связанные с перегрузом и ремонтом вагонов в депо дороги, приобретением дополнительных комплектующих и материалов, обеспечить срок доставки грузов, в т.ч. экспортных, улучшить оборот вагонов и сократить потребный рабочий парк.

Еще один эффект заключается в следующем. До переустройства длинные отцепы приходилось осаживать с горки локомотивом вместе с составом, либо расцеплять на более короткие отцепы. При снижении скоростей скатывания отцепов с горки появляется технологическая возможность увеличения количества вагонов в отцепе и, соответственно, их массы. Например, на станции Жлюбин после переустройства горки количество груженых 4-осных вагонов в отцепе возросло с шести (действовавшее ограничение по количеству осей) до 10–14, что способствует увеличению перерабатывающей способности станции и компенсирует некоторое ее снижение из-за уменьшения интенсивности роспуска (если ранее в горловине Южного парка в процессе роспуска могло одновременно находиться до 3 отцепов, то сейчас – 1–2). Кроме того, на этой станции была разработана безопасная технология, и стало возможным вести роспуск на два крайних пути сортировочно-отправочного парка, ранее не использовавшихся в сортировочном процессе.

Также значительно увеличивается длина отцепов из порожних вагонов. Однако из-за худших ходовых качеств длинные отцепы из 8–10 вагонов могут не полностью заходить на сортировочный путь, особенно на «трудный» по уровню сопротивления движению. При этом в стрелочной зоне могут остановиться 1–2 вагона (станции Шабаны, Степанка). Усугубляет ситуацию продольный профиль надвижной части горки с высоким и крутым подъемом, т.к. такая конструкция профиля снижает скорость входа длинных отцепов в парк (а такой профиль (для горок малой мощности – до 25 % на сплошном подъеме) проектируется для большинства переустраиваемых горок). При этом дальность пробега длинных отцепов в глубину подгорочного парка уменьшается с увеличением длины отцепа. Для преодоления указанного недостатка необходимо в технических условиях на проектирование предусматривать расстояние от конца парковой тормозной позиции (ПТП) до расчетной точки (РТ) «трудного» пути не 50, как это принято обычно, а 100–150 м. Такие значения рекомендуются Правилами ВСН 207–89 для горок, на которых перерабатывается преимущественно порожний вагонопоток. Естественно, это приведет к некоторому увеличению расчетной высоты сортировочной горки.

На переустроенных горках в данном случае целесообразно, во-первых, уменьшать длину отцепов, как было указано ранее, во-вторых, применять режим роспуска с переменной скоростью (РРПС). При необходимости направления длинного отцепа из порожних вагонов на «трудный» путь сортировочного парка скорость роспуска может быть кратковременно (до момента отрыва отцепа от основного состава на вершине горки) увеличена с установленной до расчетной величины (но не более чем до 4,5 м/с), определяемой с помощью полученного выражения вида

$$v_p = \sqrt{2g'\Delta h}, \text{ где } \Delta h = H_x - H_p + h_0 \text{ или } v_p = \sqrt{v_0^2 + 2g'(H_x - H_p)},$$

где g' – коэффициент, характеризующий изменение кинетической энергии отцепа с учетом инерции вращающихся частей вагонов, м/с²; Δh – разность между значением H_x , до которого необходимо повысить высоту горки (при расстоянии от конца ПТП до РТ 150–100 м), и расчетной высотой гор-

ки H_p (при аналогичном расстоянии, равном 50 м) или существующей высотой горки, м эн. в.; h_0 – удельная энергетическая высота, соответствующая установленной скорости роспуска v_0 , м эн. в. Установленная скорость роспуска для немеханизированных горок малой мощности составляет $v_0 = 0,8 \dots 1,0$ м/с или примерно 3–4 км/ч (ВСН 207–89).

После отрыва длинного отцепа из порожних вагонов скорость роспуска v_0 снижается до установленной величины и процесс расформирования состава продолжается. Применение РРПС позволяет обеспечить докатывание порожних вагонов до заданной точки, сократив затраты на осаживание вагонов в парке без увеличения высоты горки. В благоприятной ситуации роспуск должен вестись с установленной скоростью для данного типа горок, которая при необходимости может быть повышена до потенциально реализуемой максимальной величины. Режим роспуска с переменной скоростью в сочетании с высоким и крутым подъемом надвижной части горки также эффективен при необходимости использовать такой способ в качестве основного технологического режима работы горки, уменьшения скоростей входа длинных тяжелых отцепов в парк, что особенно важно для немеханизированных сортировочных устройств, не имеющих мощных парковых тормозных позиций.

УДК 656.224/.225:656.2.08

РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

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

1 Безопасность перевозочного процесса всегда являлась главным приоритетом в функционировании и развитии транспорта. Для предотвращения опасных ситуаций важное значение имеет разработка методологии оценки и прогнозирования безопасности перевозочного процесса и его отдельных элементов.

В своем развитии теория безопасности перевозочного процесса прошла несколько этапов:

– хронологический, когда в основном фиксировались опасные ситуации (отказы), накапливалась информация, выявлялись только некоторые тенденции роста или уменьшения количества опасных ситуаций. В рамках этого периода сформировался ряд известных законов безопасности (законы Мерфи, Чизхолма Финейгла и др.);

– хронометрический. Безопасность оценивалась по ряду относительных показателей (относительное количество опасных ситуаций на 10^5 т·км, статистические коэффициенты безопасности и др.). Главным недостатком этих периодов является невозможность прогнозирования уровня безопасности, а также детерминированный подход к его оценке;

– логико-вероятностный этап теории безопасности. Современный этап развития теории безопасности транспортных систем характеризуется формированием логико-вероятностного подхода к оценке безопасности транспортных процессов.

2 Этот этап развития методологии безопасности начал формироваться относительно недавно и связан с логико-вероятностным представлением о характере транспортных процессов, выявлением скрытых взаимосвязей между неопасными и опасными отказами, автокорреляции внутри отдельных опасных состояний. Существенным вкладом в теорию является формирование многоуровневой системы оценки и прогнозирования безопасности элементов перевозочного процесса. Наиболее ответственные процедуры – это:

– формирование и выбор системы показателей безопасности;

– установление эталонных нормативных значений показателей и методов их расчета;

– выбор параметров технических средств и профессиональных характеристик персонала, обеспечивающего заданный уровень безопасности;

– установление новых явлений и закономерностей, которые оказывают существенное влияние на безопасность. Выделение таксонов опасности и их размещение на инфраструктуре железной дороги.

3 Сегодня исключительное значение имеет разработка эталонных алгоритмов и методик оценки безопасности как проектируемых, так и эксплуатируемых объектов.

В качестве примера в докладе рассматривается несколько таких алгоритмов. Показано, что чрезвычайно важно перейти к логико-вероятностному методу нормирования параметров тормозной зоны (проектирование параметров пересечения железной и автомобильной дорог, расстановка сигналов, управление тормозными системами на сортировочных горках и др.).

Исследования показали, что вероятностная оценка проезда запрещающего сигнала с помощью эталонного алгоритма позволяет повысить безопасность (сократить количество проездов запрещающего сигнала) в грузовом движении на 48–74 %, маневрах – 66–87 %, в пассажирском движении – 48–70 %.

Аналогичные исследования выполнены по оценке длины тормозного пути грузовых поездов, учету влияния случайных факторов на тормозной путь, что позволяет установить предельные значения длины тормозного пути для различных значений массы и скорости движения поезда, колебаний реакции машиниста и других факторов. Например, расчетная величина тормозного пути поезда массой 3500 т на уклоне 5 ‰, установленная с учетом случайных факторов уже на скорости поезда 70 км/ч превышает нормируемую величину и не обеспечивает безопасности перевозочного процесса.

4 Целесообразно разработать и утвердить эталонный алгоритм расчета длины участка приближения на переездах. Предварительные расчеты показывают, что нормируемая длина участка приближения не учитывает в полной мере психофизиологические характеристики персонала, случайный характер коэффициента сцепления и других факторов. Дефицит длины участка приближения нарастает с увеличением скорости движения поездов и сокращении нормируемого времени. Аналогичные изменения целесообразно внести и для расчета параметров переезда со стороны автомобильного транспорта.

5 Важное значение для развития теории безопасности и ее влияния на принятие управленческих решений играет методология оценки экономических потерь, возникающих в результате нарушения безопасности перевозочного процесса. В первую очередь требуется разработка методологических основ оценки экономических потерь, вызванных нарушениями безопасности технологических процессов. В докладе на примере оптимизации управления вагонопотоками показано влияние «феномена безопасности» на уровень их транзитности, приводятся другие примеры эксплуатационной практики работы железнодорожного транспорта. Повышение уровня безопасности приводит к изменению принимаемых решений. Например, повышение безопасности технологического процесса расформирования составов сокращает количество ползунов, уменьшает «бой» подвижного состава, сокращает количество сходов на станциях и других опасных явлений. В результате существенно изменяется эффективность повышения транзитности вагонопотоков.

Экономико-математическая модель формирования одnogруппных поездов с учетом «эффекта безопасности»:

$$E = \sum_{i=1}^n c_i \bar{m}_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N_{ij} t_{эк,ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N_{ij} \Delta t_{эк,ij},$$

где E – суммарные затраты вагоно-часов на формирование и пропуск одnogруппных поездов на направлении и их экономии на станциях переработки с учетом «эффекта безопасности», вагоно-час; c_i – параметр накопления вагонов i -й струи на состав; \bar{m}_i – среднее количество вагонов i -й струи в составе поезда, формируемого на станции; n – количество струй вагонопотоков; m – количество станций (назначений) следования вагонопотоков на направлении; N_{ij} – количество вагонов j -й струи, перерабатываемых на i -й станции; $t_{эк,ij}$ – экономия вагоно-часов при проходе j -й струи на i -й станции транзитом; $\Delta t_{эк,ij}$ – временной эквивалент простоя вагонов, зависящий от уровня безопасности пропуска j -й струи на i -й станции.

6 В рамках теории безопасности дальнейшее развитие должен получить методологический подход к установлению таксонов опасности и их влиянию на уровень безопасности перевозочного процесса. Например, опасный таксон для схода подвижного состава: радиус кривой $R_{пл}$ меньше 800 м, точка перелома профиля линии с разностью уклона более 5 ‰, резкое торможение. В рамках таксономии опасных ситуаций особое влияние следует уделить оценке влияния сроков службы подвижного состава и инфраструктуры на снижение уровня безопасности перевозочного процесса. Увеличение срока службы подвижного состава и инфраструктуры на 5 лет увеличивает количество опасных отказов на 6–8 %.

7 С целью гармонизации распределения ресурсов, рационального размещения пожарных и восстановительных поездов, решения вопросов ликвидации последствий опасных состояний, решения других вопросов необходима разработка принципиально новых подходов к оценке структурной безопасности. Ранжирование элементов транспортной инфраструктуры по уровню структурной безопасности

позволит повысить эффективность использования современных систем обеспечения безопасности перевозочного процесса.

Для оценки структурной безопасности предлагается использовать теорию графов. В докладе рассматриваются вопросы оценки связности таких структур, как железнодорожные узлы, предлагается методологический подход к формированию системы показателей структурной безопасности, рассматриваются алгоритмы количественной оценки структурной безопасности сложных транспортных систем.

УДК 656.212.5:004

БЕЗОПАСНОСТЬ РОСПУСКА СОСТАВОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ. ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРОЧНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

И. А. ОЛЬГЕЙЗЕР

Ростовский филиал АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», Российская Федерация

Инновационная комплексная система автоматизации управления сортировочными процессами КСАУ СП, разработки АО «НИИАС», применяется на механизированных сортировочных горках любой мощности, обеспечивает автоматизированное управление технологическим процессом расформирования составов, является модульной и состоит из подсистем управления надвигом и роспуском составов, маршрутами движения, скоростью скатывания отцепов, автоматизации компрессорных станций, а также диагностических подсистем.

КСАУ СП сегодня является единственной в России сертифицированной, серийно внедряемой системой автоматизации процесса роспуска составов на сортировочных горках.

Использование автоматизированного режима роспуска на сортировочных горках, оборудованных КСАУ СП, повсеместно составляет в среднем не менее 90 % от общего количества распушенных вагонов. Таким образом, фактически, в настоящий момент в ручном режиме распускаются только вагоны с опасными грузами, а КСАУ СП неизбежно превращается из автоматизированной системы в автоматическую в части управления непосредственно процессом роспуска составов. Прерогативой оперативного персонала остается подготовка и организация этого процесса таким образом, чтобы вмешательство не потребовалось.

В условиях практически автоматического роспуска неизбежно актуализируются вопросы требований безопасности, и методы контроля работоспособности устройств автоматики.

Стоит отметить, что система управления скоростью скатывания отцепов является недетерминированной (вероятностной) системой. Это означает, что по текущему состоянию системы нельзя точно рассчитать ее будущее состояние, а можно предсказать лишь множество состояний и вероятность каждого состояния из этого множества.

Таким образом, контролировать работоспособность подобных систем можно лишь по комплексным показателям функционирования, с учетом допустимых предельных отклонений. Эти показатели и их допустимые значения указаны в техническом задании на систему или подсистемы [1].

Применительно к горочной системе автоматики, *отказ* – это невыполнение системой своих функций, выход показателей функционирования за заданные пределы.

При этом отказ или сбой отдельного устройства или элемента системы не должен приводить к отказу системы за счет запаса надежности и возможности реконфигурации системы.

По своим последствиям и критичности отказы можно разделить на *опасные* и *неопасные*.

Опасным отказом системы называется отказ, который может привести к возникновению аварийной ситуации (сходу или повреждению подвижного состава).

К неопасным отказам системы относятся все отказы, которые влияют на ход роспуска, но не влияют на безопасность.

Защитным состоянием называется состояние, в которое переходит система для предотвращения опасного отказа.

Задачей системы управления сортировочным процессом, с точки зрения безопасности, является переход в защитное состояние при возникновении любого опасного отказа.

Для обеспечения безопасности в КСАУ СП заложен ряд автоматических функций [2], таких как защита от взреза стрелки, защита от удара в бок, защита от перевода стрелки под базой вагона, защита от остановки отцепов на тормозной позиции, защита от отказа скоростемер, защита от недосчета устройств фиксации прохождения осей, защита от отказа устройств КЗП, защита от выдавливания отцепов при торможении на тормозной позиции.

Одной из самых ответственных функций системы КСАУ СП в плане обеспечение безопасности является регулирование скорости движения отцепов на тормозных позициях. В этой области за последние несколько лет специалистам РостФ НИИАС удалось обеспечить прорыв на новый уровень обеспечения практически 100 % качества торможения отцепов. Это удалось за счет реализации новых алгоритмов плавного управления тормозными средствами и новых алгоритмов работы управляющей аппаратуры вагонных замедлителей.

Применение инновационных алгоритмов управления в купе с современными образцами управляющей аппаратуры позволило повысить безопасность системы по следующим критериям [3]:

- Равномерное воздействие тормозных шин замедлителя по всей протяженности отцепов, что исключает вероятность динамических ударов и снижает среднюю, а также максимальную величину динамической нагрузки на замедлитель и подвижной состав.

- Повышение, по сравнению с импульсными методами торможения, прогнозируемости динамических характеристик подвижных единиц. Это повышает надежность и качество торможения в автоматическом режиме, что приводит к повышению безопасности за счет повышения точности моделирования хода роспуска и недопущения превышения скорости отцепов.

- Уменьшение максимальных уровней шума за счет применения преобладающего использования меньших ступеней управления при торможении.

В современных условиях на сортировочных горках, оборудованных КСАУ СП все больше встает вопрос не только о безопасности операций, выполняемых в автоматическом режиме, но и о проверке на корректность и безопасность оставшихся ручных вмешательств [4].

Таким образом, еще одним важным аспектом направления развития КСАУ СП в части повышения безопасности является проверка допустимости и корректности ручных вмешательств. Это направление реализуется через разработку и использование электронных интерактивных горочных пультов. При использовании таких пультов ручной режим работы переходит под контроль системы для проверки на безопасность. Это позволит, например, полностью исключить возможность взреза стрелки, независимо от ручного вмешательства.

В связи с функционированием КСАУ СП на большом количестве сортировочных горок и полным использованием автоматического режима работы актуальным становится вопрос выработки граничных условий функционирования, при достижении которых резко повышаются риски нарушения требуемых критерием безопасности роспуска.

К таким граничным условиям, по нашему мнению, относятся следующие:

- 1 Самопроизвольное ускорение отцепов после выхода из замедлителей парковой тормозной позиции при движении по путям сортировочного парка на 2 км/ч и более. Данная ситуация создает риски соударения отцепов с превышением допустимых значений – более 5 км/ч, а также риски выхода вагонов за пределы полезной длины сортировочных путей. Причиной возникновения данной ситуации является сверхнормативный уклон продольного профиля.

- 2 Выход из тормозной позиции со скоростью, значительно превышающей расчетную – на 4 км/ч для горочной тормозной позиции, на 2 км/ч для парковой тормозной позиции. Данная ситуация создает риски соударения отцепов с превышением допустимых значений – более 5 км/ч.

- 3 Превышение расчетной скорости надвига и роспуска состава на 2 км/ч и более. Данная ситуация создает риски возникновения нагонов на спускной части горки и на путях сортировочных парков, в результате чего возможны «боковые» соударения вагонов, объединение вагонов с превышением допустимой скорости соударения (более 5 км/ч), а также выход вагонов за пределы полезной длины сортировочных путей.

- 4 Объединение в движении на пути сортировочного парка нескольких отцепов, суммарная длина которых после объединения превышает максимально допустимое количество вагонов в отцепе. Данная ситуация создает риски выхода вагонов объединенного многовагонного отцепов за пределы полезной длины сортировочных путей.

Для фиксации в автоматическом режиме и недопущения выхода за граничные условия функционирования в КСАУ СП разработан ряд методов. К ним относятся автоматическая фиксация само-

произвольного ускорения отцепов по показаниям КЗП, автоматический расчет допустимой скорости роспуска, а также определение по модели парка формирования факта объединения отцепов. Также в настоящий момент специалистами РостФ НИИАС разработаны технические решения, которые позволяют осуществлять горячее резервирование всего управляющего вычислительного комплекса с возможностью мгновенного перехода на резервный комплект оборудования во время роспуска в автоматическом режиме. Это позволит увеличить безопасность системы в случаях сбоев оборудования и общий коэффициент готовности системы, за счет минимизации времени восстановления.

Список литературы

- 1 Шабельников, А. Н. Требования безопасности и методы контроля работоспособности систем ЖАТ на сортировочных горках / А. Н. Шабельников, И. А. Ольгейзер // Автоматика, связь и информатика. – М., 2017. – № 2. – С. 30–32.
- 2 Соколов, В. Н. Комплексная система автоматизации сортировочных процессов: техническое, технологическое, интеллектуальное обеспечение : дис. ... канд. техн. наук / В. Н. Соколов. – Ростов н/Д, 2008. – 182 с.
- 3 Шабельников, А. Н. Инновационные технологии управления тормозными средствами / А. Н. Шабельников, И. А. Ольгейзер, С. А. Рогов // Автоматика, связь и информатика. – М., 2015. – № 3.
- 4 Шабельников, А. Н. Методы повышения безопасности КСАУ СП / А. Н. Шабельников, И. А. Ольгейзер // Автоматика, связь и информатика. – М., 2017. – № 3. – С. 8–10.

УДК 656.222.4

ВЫЯВЛЕНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

Ю. О. ПАЗОЙСКИЙ, В. Н. ШМАЛЬ, П. А. МИНАКОВ, С. Н. ШМАЛЬ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Известно, что график движения поездов является технологической и нормативной основой организации и управления эксплуатационной работой железных дорог. В соответствии с Правилами технической эксплуатации он должен обеспечивать: выполнение плана перевозок пассажиров и грузов; безопасность движения поездов по перегонам и проследования их через отдельные пункты; высокопроизводительное использование подвижного состава; наиболее эффективное использование пропускной и провозной способностей участков и перерабатывающей способности станций; соблюдение установленной продолжительности непрерывной работы локомотивных бригад; возможность производства работ по текущему содержанию пути, сооружений, устройств СЦБ, связи и энергосбережения.

В Институте управления и цифровых технологий Российского университета транспорта проводились исследования графиков движения поездов с целью выявления и изучения их топологических свойств, позволяющих решать актуальные задачи перевозочного процесса. Важнейшим этапом работы являлось применение современных методов алгебраической топологии к решению задач оптимизации, безопасности и эффективного построения графиков движения поездов. Для этого требовалось перевести схемы графиков на «язык» алгебраической топологии, представив их в виде топологических многообразий: сначала – в виде *групп кос*, затем – в виде гладкого вложения окружности S^1 в трехмерное евклидово пространство \mathbb{R}^3 .

Математической косой называется объект, состоящий из n нитей (образующих) соединенных между двумя параллельными плоскостями P_0 и P_1 , в трехмерном пространстве, содержащий упорядоченные множества точек $a_1, a_2, \dots, a_n \in P_0$ и $b_1, b_2, \dots, b_n \in P_1$. Можно сказать, что коса состоит из n непересекающихся между собой простых дуг l_1, l_2, \dots, l_n , пересекающих каждую параллельную плоскость P_i между P_0 и P_1 однократно и соединяющих точки $\{a_i\}$ с точками $\{b_i\}$. Считается, что точки a_1, a_2, \dots, a_n лежат на прямой l_0 в P_0 , а точки b_1, b_2, \dots, b_n на прямой l_1 в P_1 , параллельной l_0 , причем a_i расположены под b_i для каждого i .

Элементы интервалов на отдельных пунктах в графике движения представляются в виде соотношений в математической косе, и имеют кодировку из последовательности σ_{i+1} и σ_{i+1}^{-1} , в зависимости от того, какой поезд проходит отдельный пункт без остановки. В результате любой график движения возможно перевести на алгебраический язык с извлечением всей кодировки, представив его в виде математической косы.

На втором этапе решения задачи математические косы превращаются в узлы, соединяя нижние и верхние концы образующих таким образом, чтобы не образовалось новых двойных точек самопересечения.

В соответствии с топологическими понятиями с многообразиями возможно совершать непрерывные преобразования, которые не изменяют изотопический класс самих многообразий. В математических косах такими преобразованиями являются расширенные соотношения Артина, применяя которые возможно преобразовать структуру графика движения в другую, подобную ей, но изменяя временной интервал $T_{гр}$ между отправлением первого поезда и прибытием последнего поезда на отдельные пункты.

Актуальной задачей являлось выявление такой структуры графика движения из всех возможных, которая обеспечивала бы этот временной интервал наименьшим, давая возможность повысить пропускную способность и добавить новые нитки поездов в график движения. Более того, такой полиномиальный алгоритм избегает тривиального комбинаторного перебора всех возможных вариантов.

Решение данной задачи лежит в области полиномиальных инвариантов и групп гомологий. В работе был составлен алгоритм определения полинома Джонса, который отвечает за наименьший временной интервал $T_{гр}$. После вычисления данного полинома узел переводится в математическую косу, используя алгоритм Вожеля. В дальнейшем узел-обмотка разрезается и расправляется в оптимальный график движения.

Важным достоинством данного метода расчета являются возможность составления оптимальных графиков движения поездов с любыми характеристиками остановок поездов на различных отдельных пунктах, а также повышение пропускной способности.

УДК 656.21.001.2:004

УНИФИКАЦИЯ СХЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ В ЦИФРОВОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ ОБЪЕКТОВ

Е. М. ПЕРЕПЛАВЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Сложившаяся практика работы технических отделов станций свидетельствует о том, что в настоящее время сформировалось достаточно однозначное представление о схеме станции как о графическом изображении определенного перечня объектов путевого развития и технического оснащения. Однако выполненный анализ в данном направлении показывает, что схем различного содержания и назначения на одной станции насчитывается до 10, и каждая из них не всегда имеет точное название (технологическая, СЦБ, служебных проходов и др.). Поэтому используемое в настоящее время общее название «Схема станции ...» должно быть конкретизировано (и не только по наименованию, но и по содержанию).

По аналогии с технологической схемой станции, содержащей графическую информацию по месту и характеру выполняемых технологических операций в парках с различными категориями поездопотоков, общую схему предлагается назвать технической схемой станции.

Объектами технической схемы являются:

1 Все главные и станционные пути с их нумерацией (а главные и прямо-отправочные – с их специализацией) согласно ТРА станции, а также прямые вставки съездов.

2 Все стрелочные переводы (включая сбрасывающие остряки и сбрасывающие стрелки), глухие пересечения на станционных путях с их нумерацией, а также сплетения путей, совмещения путей и тупиковые упоры.

3 Все светофоры с их буквенно-цифровым обозначением.

4 Основные здания и сооружения, задействованные в процессе оперативного управления движением поездов и маневровой работой (ПЗ, пассажирские платформы, посты ЭЦ, ДСПП, ДСПГ, горка, путепровод).

5 Все пересечения с другими коммуникациями, влияющие на процесс оперативного управления движением поездов и маневровой работой (переезды, пешеходные переходы, мосты, автомобильные путепроводы, тоннели и др.).

Все объекты технической схемы содержатся в плане и могут быть получены из его базы данных путем различных видов трекинга (переноса).

Следует обратить особое внимание на п. 4 перечня объектов технической схемы – «основные здания и сооружения». Перечень этих объектов может изменяться в зависимости от вида и технологии работы конкретной станции в отличие от других объектов, универсальных для всех станций. Важнейшим критерием, который позволяет отнести сооружение к основным, требующим отражения на технической схеме, является его роль в технологии работы станции. Если наличие данного сооружения необходимо для описания одного из важных технологических процессов работы данной станции, связанных с движением поездов и маневровой работы, то такое сооружение должно быть отнесено к основным и нанесено на техническую схему в явном виде. Например, устройства локомотивного и вагонного хозяйства достаточно показать в виде границы района их расположения с соответствующей подписью. Грузовые устройства на крупной сортировочной и участковой станции также достаточно показать в виде грузового района. Это позволит описать, например, маршруты подачи-уборки. На промежуточной станции, где обслуживание грузовых пунктов является основным технологическим процессом, целесообразно отнести сооружения грузового хозяйства к основным и показать их на технической схеме.

Следует отметить, что деление зданий и сооружений на основные и прочие является существенным именно с точки зрения отображения в явном виде на технической схеме. В скрытых слоях шаблона (трансформированного плана) присутствуют опорные точки всех зданий и сооружений, указанных на плане. При необходимости они могут быть отображены в явном виде в любой другой схеме.

На технической схеме необходимы сопроводительные надписи (наименование станции, наименования подходов, подъездных путей, зданий и сооружений). Таким образом, техническая схема является базовой для разработки всех других схем.

УДК 656.2 : 656.225.073.46

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ОБЩЕГО И НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Е. Н. ПОТЫЛКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Непрерывный рост парка неинвентарного грузового подвижного состава, при практически неизменном состоянии инфраструктуры железнодорожных путей необщего пользования, изменение структуры вагонопотока, несоответствие технологии обслуживания мест необщего пользования их техническому оснащению, регулирование неинвентарными вагонами экспедиторскими организациями, а не диспетчерским аппаратом, приводят в большинстве случаев к временному размещению подвижного состава на железнодорожных путях общего и необщего пользования.

При поступлении на места необщего пользования в одной подаче собственных и инвентарных вагонов в первую очередь обрабатываются вагоны инвентарного парка. Это связано с возможной выплатой неустойки за простой этих вагонов на железнодорожных путях необщего пользования свыше 24 часов. Поэтому наличие приоритета в обслуживании является причиной возможного временного размещения как груженых, так и порожних собственных вагонов на путях необщего пользования. При этом порожние собственные вагоны могут временно размещаться на местах необщего пользования при отсутствии окончательного согласования тарифа на перевозку грузов, а также наличии договора между собственником подвижного состава и владельцем железнодорожного пути необщего пользования на временное размещение вагонов. При организации доставки груза «точно в срок» с использованием железнодорожного транспорта перевозчик обязуется доставить вверенный ему груз в пункт назначения в определенное время. Поэтому в случае, если груженный вагон прибывает на станцию назначения раньше установленного срока, он будет простаивать на станционных путях.

Возможные места временного размещения вагонов отражены на схеме обработки вагонопотока, приведенной на рисунке 1.

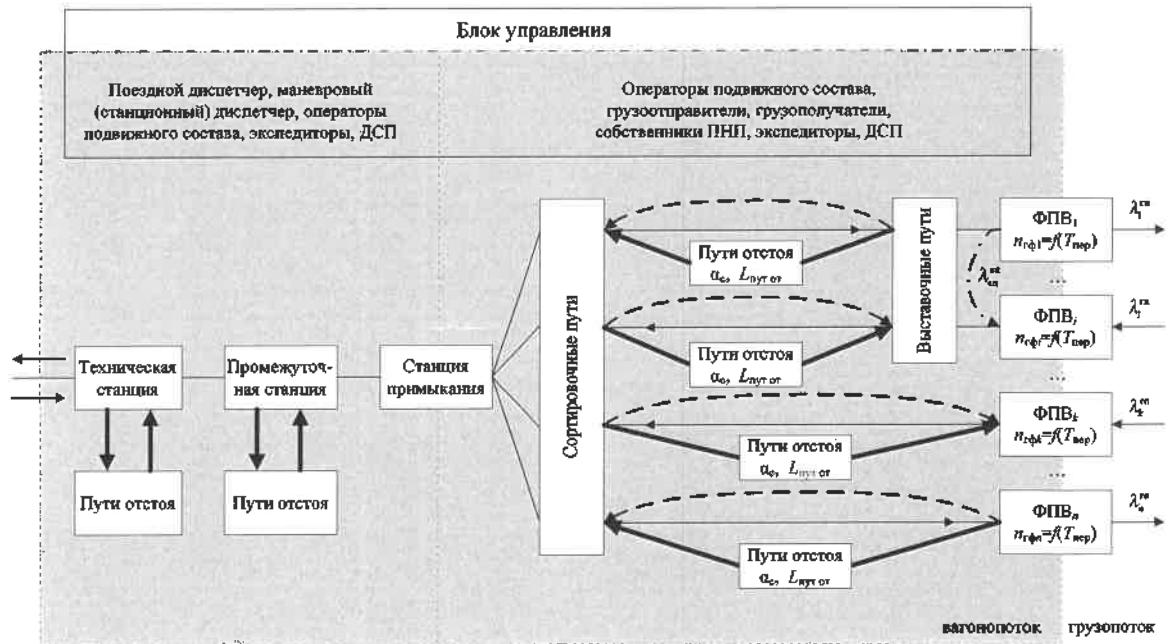


Рисунок 1 – Принципиальная схема обработки вагонопотока:
 ——— общий поток вагонов; - - - - - поток порожних инвентарных вагонов;
 ————— поток порожних собственных вагонов

На данной схеме представлены фазы продвижения вагонов при их поступлении на железнодорожные пути необщего пользования и обратно. Её отличительной особенностью является учет проблемных вопросов, связанных с регулированием собственных порожних вагонов из-под выгрузки под погрузку, дополнительными простоями их на местах общего и необщего пользования и т.п. Совокупность таких вопросов формирует ряд нерешенных задач при взаимодействии железнодорожного транспорта общего и необщего пользования в начальных и конечных пунктах схем доставки конкретных грузов, основные из которых сведены в таблицу 1 [2].

Таблица 1 – Задачи, связанные с взаимодействием железнодорожного транспорта общего и необщего пользования

Уровень	Задача	Формулы расчета	Примечания
Грузовой пункт	Расчет продолжительности выполнения маневровых операций у фронтов погрузки-выгрузки	$T_{пер} = f(K_{сдв})$ $n_{гф} = f(T_{пер}) \geq \lambda$	$K_{сдв}$ – коэффициент сдвоенных операций; $T_{пер}$ – продолжительность маневровых операций у фронтов погрузки-выгрузки, мин/подачу; $n_{гф}$ – перерабатывающая способность фронта погрузки-выгрузки, ваг/сут; λ – интенсивность потока вагонов, поступающих к местам погрузки-выгрузки, ваг/сут; α_c – доля собственных вагонов в общем парке; $L_{пут\ от}$ – потребная вместимость железнодорожных путей для временного размещения собственных вагонов, м
Станция примыкания – фронт погрузки-выгрузки	Рациональное соотношение собственных и инвентарных вагонов	$\alpha_c = f(\lambda)$ $\lambda \leq n_{гф}$	
Схема доставки груза	Потребное путевое развитие для временного размещения вагонов	$L_{пут\ от} = f(\alpha_c)$ $\lambda \leq n_{гф}$	

В результате решения задачи на уровне «грузовой пункт» получены формулы продолжительности выполнения маневровых операций у мест погрузки-выгрузки. В отличие от существующих способов расчета данной продолжительности маневровой работы в модели учтены путевое развитие мест необщего пользования, коэффициент сдвоенных операций. Использование полученных зависимостей значительно упрощает расчет перерабатывающей способности фронта погрузки-выгрузки. В то же время перерабатывающая способность, являясь ограничивающим параметром, должна быть не меньше интенсивности потока вагонов в адрес данного фронта. В свою очередь интенсивность потока вагонов является ключевым фактором в задаче уровня «станция примыкания – фронт погрузки-выгрузки» по определению рационального соотношения количества собственных и инвентарных вагонов, поступающих на места необщего

пользования. В задаче уровня «схема доставки груза» потребная вместимость железнодорожных путей для временного размещения собственных вагонов напрямую зависит от доли этих вагонов в общем парке.

Список литературы

1 Еловой, И. А. Интегрированные логистические системы доставки ресурсов : теория, методология, организация / И. А. Еловой, И. А. Лебедева ; под науч. ред. В. Ф. Медведева. – Минск : Право и экономика, 2011. – 461 с. – (Сер. «Мировая экономика»).

2 Потылкин, Е. Н. Закономерности технологических параметров в логистических системах доставки грузов с использованием железнодорожных путей необщего пользования / Е. Н. Потылкин // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2016. – № 2. – С. 51–53.

УДК 656.08

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ГОРОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ, ОСНОВАННЫХ НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

С. А. РЫНКЕВИЧ, С. С. СЕМЧЕНКОВ, Н. М. ПРИБЫШИ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Одним из направлений применения интеллектуальных транспортных систем является использование их для создания систем обеспечения приоритетного проезда маршрутных транспортных средств (далее – МТС) на перекрёстках, оборудованных светофорным регулированием.

В свою очередь, приоритетное движение МТС планируется и осуществляется в целях уменьшения затрат времени пассажиров на поездки в МТС, повышения эффективности использования подвижного состава МТС, формирования оптимальной структуры транспортного потока, повышения безопасности движения на маршрутах следования МТС.

Очевидно, что предоставление приоритета позволит обеспечить не только основные условия соблюдения расписания движения МТС, но и будет способствовать повышению безопасности движения.

В данном контексте следует рассмотреть понятие приоритета как предоставление МТС определённого преимущества на перекрёстках со светофорным регулированием, путём изменения режима работы светофорного объекта таким образом, чтобы МТС могли как можно быстрее и с минимальными задержками проследовать перекрёсток.

Сложность при решении данной проблемы всегда состоит в том, что режим движения МТС априори значительно отличается от режима движения транспорта, формирующего основной транспортный поток. Речь идёт, в первую очередь, о средней скорости движения МТС: её значительный разброс со скоростями движения основного транспортного потока обусловлен наличием остановочных пунктов и соответственно временем, которое затрачивается на высадку и посадку пассажиров, а также большой степенью влияния со стороны других транспортных средств. Значительное различие данных скоростей приводит к тому, что МТС в принципе тяжело включить в систему координированного управления транспортными потоками, в основу расчёта которой положены характеристики основного транспортного потока, формируемого более-менее однородными транспортными средствами со схожими техническими характеристиками. В результате частыми получаются ситуации, когда МТС, начиная движение на предыдущем светофорном объекте в составе группы немаршрутных транспортных средств, за счёт задержки при посадке-посадке пассажиров на остановочном пункте, расположенном на перегоне между светофорными объектами, прибывает к следующему светофорному объекту, включённому в систему координированного управления, после окончания такта разрешающего сигнала в следующем направлении.

При этом стоит заметить, что длительность задержек МТС на светофорных объектах, составляет большую долю в длительности всех задержек при движении по маршруту (проведённые авторами экспериментальные исследования показывают, что для трамвая в г. Минске эта доля составляет до 60 % длительности всех задержек).

Принимая во внимание особенности технологии работы МТС, можно выстроить ряд стратегий обеспечения приоритета при построении интеллектуальных транспортных систем городов, основывающихся на предоставлении МТС пассивного или активного приоритетов. Также названные стратегии можно разделить по характеру управляющих воздействий на стратегии с абсолютным и условным приоритетом.

В основу обеспечения пассивного приоритета положена разработка режимов светофорного регулирования на основе статистического обследования режимов движения маршрутных транспортных средств. На основании данных обследований составляется диаграмма движения маршрутного транспортного средства по перегону.

Светофорное регулирование при реализации данного направления рассчитывается на основании диаграммы таким образом, чтобы учесть наиболее вероятный момент прибытия МТС к светофорному объекту, полученный на основе анализа времени движения. Стоит заметить, что методы данного направления никогда не будут учитывать фактическое местонахождение МТС в режиме реального времени, а будут только предполагать его. К основным методам реализации пассивного приоритета относятся изменение продолжительности цикла светофорного регулирования, деление фаз (выделение специальных фаз для МТС), изменение продолжительности фазы с учётом скорости МТС, изменение порядка фаз (с учётом скорости МТС), выделение специальных полос движения, создание «ускоренных» маршрутов объезда для МТС.

В основу обеспечения активного приоритета положена разработка режимов светофорного регулирования на основе адаптивного управления с вызывными устройствами и специальными детекторами, идентифицирующими МТС. Программы светофорного регулирования предусматривают различные варианты включения, причём управляющим воздействием в данных схемах всегда будет являться сигнал о приближении МТС, поступающий от детектора. Таким образом управление в данных системах ведётся в режиме реального времени. Методологически обеспечение активного приоритета МТС возможно путём оперативного увеличения продолжительности фазы (основного такта), опережения разрешающего сигнала («выпуск» МТС перед основным потоком), применения специальной «монопольной» фазы (обеспечения проследования светофорного объекта МТС при одновременном включении запрещающего сигнала для других транспортных средств во всех направлениях), исключения определённых фаз из текущего цикла для «приближения» времени включения фазы разрешающей проезд МТС. В случае применения некоторых из данных методов в последующих циклах при отсутствии в них МТС целесообразно предусматривать применение мер компенсационного воздействия (удлинение фаз для немаршрутных транспортных средств и т.д.).

В то же время по характеру управляющих воздействий можно выделить абсолютный и условный приоритеты. В случае предоставления абсолютного приоритета система управления светофорным объектом не учитывает маршрут, наполняемость салона, отклонение от расписания МТС и т.п. В случае предоставления условного приоритета интеллектуальная система управления дорожным движением учитывает названные факторы и определяет необходимость и очерёдность предоставления приоритета.

Перспективным направлением для обеспечения приоритетного движения маршрутных транспортных средств в интеллектуальных транспортных системах городов является использование именно активного приоритета маршрутных транспортных средств с условным или абсолютным характером управляющих воздействий.

Список литературы

1 О мерах по повышению безопасности дорожного движения : Указ Президента Республики Беларусь от 28 ноября 2005 г. № 551.

2 О дорожном движении : закон Республики Беларусь от 05.01.2008 № 313-З (ред. от 13.07.2016).

3 Тарасик, В. П. Интеллектуальные системы управления автотранспортными средствами : [монография] / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич. – Минск : Технопринт, 2004. – 511 с.

4 Рынкевич, С. А. Новые технологии и проблемы науки на транспорте : [монография] / С. А. Рынкевич. – Могилев : Белорусско-Российский университет, 2009. – 336 с.

5 Тарасик, В. П. Технологии искусственного интеллекта в диагностировании автотранспортных средств : [монография] / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич. – Могилев : Белорусско-Российский университет, 2007. – 279 с.

6 Автоматизированные системы управления дорожным движением : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности "Организация дорожного движения" / Д. В. Капский [и др.]. – Минск–Москва : Новое знание–Инфра-М, 2015. – 367 с.

7 Кот, Е. Н. Трамвайная система г. Минска – проблемы и перспективы / Е. Н. Кот, С. С. Семченков, В. Ю. Ромейко // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XXIV Междунар. (XXVII Екатеринбургской, II Минской) науч.-практ. конф. / междунар. редкол. : Д. В. Капский [и др.]. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 197–222.

УДК 656.11.05

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

С. В. СКИРКОВСКИЙ, А. Б. НЕВЗОРОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Тендер на проектирование дорог, как правило, выигрывают проектные организации, имеющие в штате сертифицированных специалистов по строительству и реконструкции автомобильных дорог. За последнее время была создана обширная база типовых решений, которые для ускорения процесса проектирования используются для новых проектов. Но в реальности, после строительства дорог очень часто вскрываются неучтенные факторы, связанные со спецификой организации безопасности дороги с позиции восприятия её всеми категориями участников дорожного движения и выявления дефектов, которые могут стать причиной ошибок пользователей и привести к дорожно-транспортным происшествиям [1].

Это связано с тем, что в команде проектировщиков проектной организации, как правило, отсутствует специалист по безопасности дорожного движения (БДД) или его не привлекают из-за финансовых проблем, а сам проектировщик не владеет полным спектром знаний в области БДД и прогнозирования развития дорожной ситуации на дороге в будущем. Поэтому зачастую ещё на стадии проектирования закладывается основа низкой безопасности дорог. Одним из решений по повышению БДД дорожных проектов может быть привлечение в белорусские проектные команды по проектированию дорог специалистов по БДД и проведение совместного аудита инфраструктурных проектов автомобильной сети для определения влияния различных альтернатив планирования на безопасность.

Аудит безопасности дорожного движения определяется как формальная и независимая техническая проверка проектирования и строительства дорожной схемы с целью выявления любых небезопасных элементов или потенциальных опасностей и предоставления рекомендаций по их устранению на всех этапах, от планирования до начала эксплуатации (PIARC, 2011; ETSC, 1997; NRA, 2012).

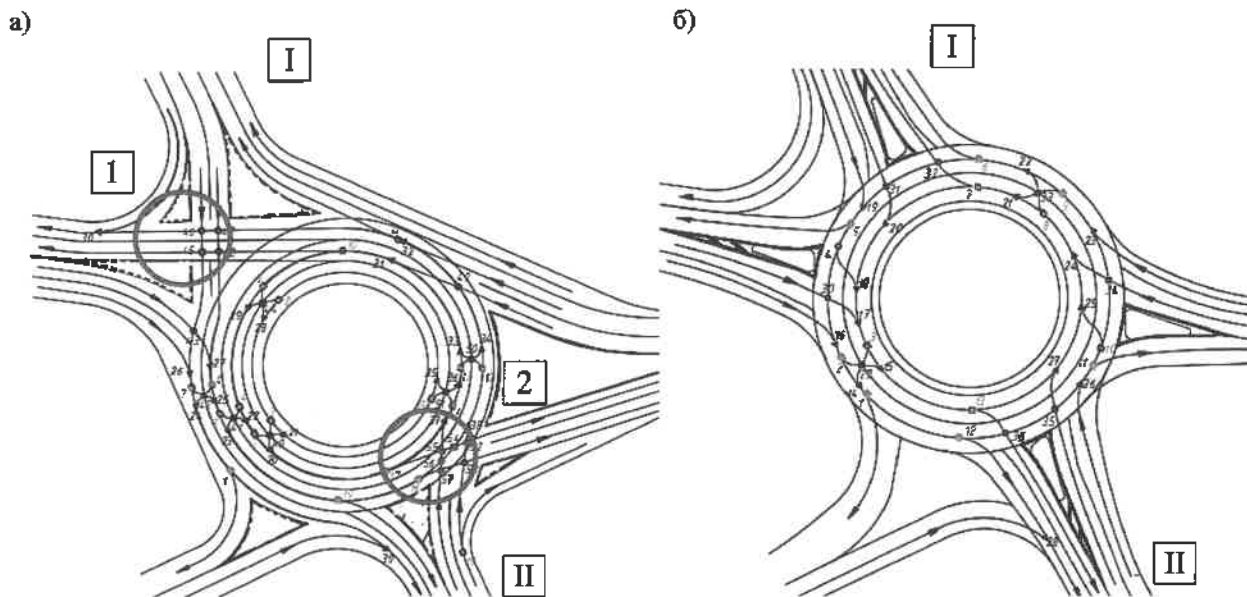
Основной целью аудита БДД является выявление и решение любых вопросов безопасности дорожного движения, т. к. парк автомобильного транспорта в Беларуси увеличился за последние десять лет более чем на 30 %. Аудит БДД – это не проверка на соответствие стандартам проектирования, а средство обнаружения опасности. Схема дорожного движения, когда проводится аудит, должна анализироваться при всех условиях эксплуатации и учитывать всех участников дорожного движения [2].

Аудит безопасности дорожного движения считается экономически эффективной мерой для выявления и решения вероятных проблем безопасности. Чем раньше будет проведен аудит, тем больше будет выгода, поскольку корректировка планов проектирования может быть более дешевым вариантом, чем модернизация функций безопасности после построения схемы.

Аудит дорожной безопасности применения типового проектного решения к реальным условиям без адаптации и консультации с инженерами по БДД выявил следующие специфические задачи, которые требовали своего решения:

- непонимание вероятности возникновения ДТП на стадии пользования дорогой в данной топографической локализации;
- отсутствие экспертных заключений по выбору результативного варианта проекта;
- обоснование снижения затрат на последующих этапах технологического развития дорожного проекта за счет выявления и исключения дефектов на этапах планирования, эскизного и детального (рабочего) проектирования, строительства или реконструкции дороги, открытия движения и эксплуатации, а также развития прилегающих территорий в будущем.

В качестве примера на рисунке 1 представлены реализованный и один из возможных вариантов реконструкции кольцевого пересечения улиц Кирова – Рогачевская – Полесская в городе Гомеле.



● – пересечение; ■ – отклонение; ▲ – слияние
 Рисунок 1 – Планы кольцевого пересечения ул. Кирова – ул. Рогачевская – ул. Полесская с указанием мест образования конфликтных точек:
 а – реализованный план; б – возможный план

До реконструкции данный перекресток представлял собой кольцевое пересечение с транзитным движением по улице Кирова (см. рисунок 1, а направление I–II), движение на котором регулировалось светофорами. Реконструкция должна была повысить безопасность на перекрестке за счет снижения скорости движения транспортных средств, однако на деле вышло несколько иначе. На перекрестке появились две потенциально опасные зоны (см. рисунок 1, а, I и II), в которых вероятно возникновение ДТП с тяжелыми последствиями. Анализ потенциальной опасности представленных проектных решений методом конфликтных точек (таблицы 1–3) показывает, что степень опасности реализованного проекта реконструкции перекрестка значительно выше, чем одного из возможных вариантов.

Таблица 1 – Количество конфликтных точек на реализованном и возможном кольцевых пересечениях

Перекресток		Количество конфликтных точек		
		Отклонение	Слияние	Пересечение
Ул. Кирова – ул. Рогачевская – ул. Полесская	Реализованный	19	20	18
	Возможный	13	15	8

Таблица 2 – Степень опасности на реализованном и возможном кольцевых пересечениях, рассчитанная по пятибалльной системе

Перекресток		Степень опасности
Ул. Кирова – ул. Рогачевская – ул. Полесская	Реализованный	169
	Возможный	98

Таблица 3 – Степень опасности на реализованном и возможном кольцевых пересечениях, рассчитанная по десятибалльной системе

Перекресток		Степень опасности	Класс перекрестка
Ул. Кирова – ул. Рогачевская – ул. Полесская	Реализованный	131	Сложный
	Возможный	75	Средней сложности

Анализ аварийности на перекрестке за год до и после реконструкции показывает рост общего количества ДТП, ДТП с материальным ущербом и ДТП с пострадавшими по годам (рисунок 2).

Кирова - Рогачевская - Полесская

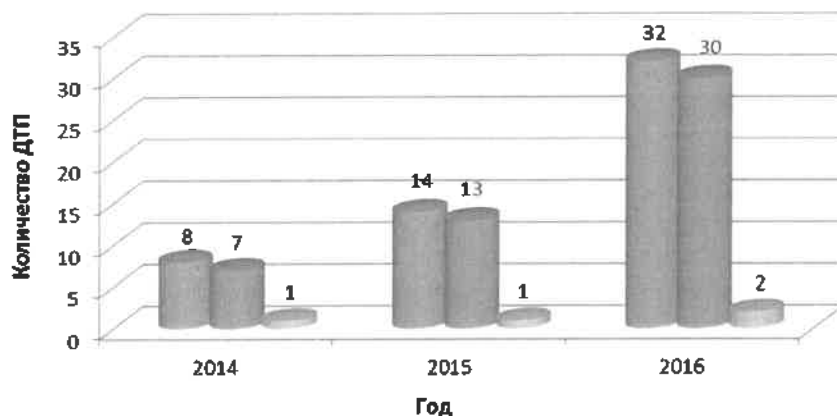


Рисунок 2 – Изменение общего количества ДТП, ДТП с материальным ущербом и ДТП с пострадавшими по годам на перекрестке

Аудиты безопасности дорожного движения (а также другие проактивные методы) очень важны для СНСД, поскольку они дают возможность развить культуру безопасности дорожного движения среди тех, кто отвечает за планирование и предоставление дорожной инфраструктуры. Только на этой основе есть очень веские основания для разработки формализованного процесса аудита безопасности дорожного движения для всех крупных инфраструктурных проектов.

Таким образом, исследования показывают, что в Беларуси следует активнее использовать проактивные методы и привлекать специалистов по БДД для проведения аудита безопасности дорожного движения находящихся в разработке дорожных проектов, что позволит в дальнейшем на стадии эксплуатации сделать дорогу менее аварийной и повысить качество дорожного движения.

Список литературы

- 1 Аудит безопасности дорожного движения : [монография] / Д. В. Капский [и др.] ; науч. ред. Д. В. Капский; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 428 с.
- 2 **Абрамова, Л. С.** Особенности аудита дорожной безопасности / Л. С. Абрамова // Автомобильный транспорт [Электронный ресурс]. – 2015. – № 36. – С. 161–164. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-audita-dorozhnoy-bezopasnosti>. – Дата доступа : 08.08.2019.
- 3 **Сергеев, А. С.** Аудит дорожной безопасности по автомобильной дороге Р242 Пермь – Екатеринбург / А. С. Сергеев, А. М. Бургонутдинов // Вестник ПГТУ. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 2. – С. 152–161.
- 4 Аудит безопасности дорожного движения на локальном объекте дорожной сети Минска / Д. В. Капский [и др.] // Наука и техника. – 2015. – № 1. – С. 40–47.
- 5 Концепция безопасности дорожного движения в Республике Беларусь : [в ред. постановлений Совмина от 18.10.2012 № 947, от 17.08.2016 № 642] // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2006. – № 5/22459.

УДК 656.2.004:004.9

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ ОПЕРИРОВАНИЯ ВАГОННЫМ ПАРКОМ НА ОСНОВАНИИ НОВОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВАГОНОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В СОБСТВЕННОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «БТЛЦ»

А. Н. СЛАДКЕВИЧ

РТУП «БЕЛИНТЕРТРАНС – транспортно-логистический центр», г. Минск

*Е. А. ФЁДОРОВ, О. А. ТЕРЕЩЕНКО, С. Л. ШАТРОВ, А. А. СТРАДОМСКАЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время Республиканское транспортно-экспедиционное унитарное предприятие «БЕЛИНТЕРТРАНС – транспортно-логистический центр» Белорусской железной дороги (государственное предприятие «БТЛЦ») является крупнейшим оператором в Республике Беларусь.

Предприятие является лидером рынка транспортно-экспедиционных услуг среди операторов универсального подвижного состава на всем пространстве как по количеству клиентов, так и по качеству оказываемых услуг и финансово-экономической устойчивости. Компания обладает востребованным парком вагонов (полувагоны, универсальные платформы с креплением для перевозки различной номенклатуры грузов и др.), позволяющих клиентам максимально эффективно осуществлять перевозки грузов, минимизируя затраты на транспортировку. Компанией создана разветвленная филиальная сеть в стране, в том числе зарубежные представительства Российской Федерации (ООО «Белинтертранс-Москва»), Федеративной Республике Германия (ООО «Белинтертранс-Германия») и Литовской Республике (ЗАО «Белинтертранс-Литва»). Основным партнером предприятия является Белорусская железная дорога. Компания развивается как транспортно-логистическое предприятие международного уровня и постоянно расширяет парк оперируемых вагонов.

Направлениями повышения эффективности использования вагонного парка, находящегося в собственности БТЛЦ, являются:

- увеличение доли рынка оперирования грузовым подвижным составом в наиболее прибыльных сегментах;

- повышение эффективности использования подвижного состава и ресурсов инфраструктуры;

- обновление подвижного состава и снижение доли нерабочего парка;

- инновационное развитие, совершенствование и модернизация подвижного состава;

- повышение уровня клиентоориентированности при реализации услуг на рынке грузовых перевозок;

- расширение перечня услуг, связанных с основным видом деятельности.

Однако, уделяя внимание повышению эффективности использования вагонов, у компании возникают системные риски оператора вагонного парка (перевозчика):

- потеря управляемости порожним рейсом грузового вагона;

- меньшая, по сравнению с инвентарным парком, эффективность работы частного подвижного состава. В условиях восстановления роста объемов перевозок это приводит к дополнительной потребности грузовых вагонов, увеличивая загрузку инфраструктуры вагонным парком.

Системные риски оператора инфраструктуры возникают и у Белорусской железной дороги:

- нерациональное использование инфраструктуры из-за роста доли порожнего пробега;

- массовое встречное перемещение порожних потоков однотипного и взаимозаменяемого подвижного состава, снижающее и без того ограниченные пропускные и провозные способности;

- занятие инфраструктуры простаивающими в ожидании высокодоходной работы порожними вагонами;

- перегрузка сортировочных мощностей из-за массовой переработки следующих по полным грузовым документам одиночных порожних частных вагонов.

Все перечисленные риски могут привести как к потерям, связанным с нерациональным использованием подвижного состава и объектов инфраструктуры, так и к недополученной прибыли из-за дефицита ресурсов, возникающего по причине их нерационального использования. В результате создаются предпосылки для несвоевременного обеспечения грузоотправителей подвижным составом и нарушения сроков доставки грузов при отсутствии, установленной законом, ответственности оператора за этот процесс.

С целью повышения управляемости и эффективности использования вагонного парка государственным предприятием «БТЛЦ» (совместно с Белорусским государственным университетом транспорта) выработана новая методология оценки эффективности использования вагонов.

Показатели использования вагонного парка должны создать возможность решения задач:

- установление роста или снижения значений показателей эффективности использования подвижного состава отчетного периода по сравнению с данными предшествующих периодов и плановых значений;

- определение темпов изменения значений показателей;

- установление тенденций изменения значений показателей на основании имеющихся данных временного ряда;

- определение степени влияния изменения значений составляющих показателей на изменение значений показателей в целом с использованием методов факторного анализа.

Кроме того, позволяет получить комплексную систему взаимосвязанных показателей эксплуатации коммерческого использования вагонов на основании единой цифровой базы пономерного учета событий с оперируемыми вагонами.

В рамках системы показателей выделены группы количественных и качественных эксплуатационных показателей, характеризующих качество оперирования вагонным парком, и экономических, характеризующих качество организации договорной работы. А также выработаны интегральные показатели, отражающие совокупную эффективность оперирования вагонами (рисунок 1).



Рисунок 1

Полученная система показателей апробирована специалистами транспортно-логистического центра. Результаты проведенной оценки позволяют установить объективные факторы, влияющие на эффективность использования вагонного парка. Дальнейшее развитие системы оценки эффективности связано с реализацией технологий интеллектуального анализа эффективности использования вагонов и поддержки принятия управленческих решений на базе информационно-аналитической системы.

УДК 656.073

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А. А. СТЕПАНОВ, А. О. МЕРЕНКОВ, Г. А. ЛАСТОЧКИНА

Государственный университет управления, г. Москва, Российская Федерация

1 декабря 2016 года является знаковой датой в истории развития транспортного комплекса Российской Федерации. Согласно Указу Президента Российской Федерации [2], утвержден фундаментальный проект цифровизации страны, основная часть которой ориентирована на внедрение современных технологий в отраслях реального сектора экономики.

Особое место в этом процессе занимает развитие интеллектуальных транспортных систем в части решения вопросов связанности территории РФ. Данная программа – большой шаг на пути к обеспечению сбалансированной, координированной работы отраслей и регионов на основе принципов цифровой логистики. Следом за указом президента последовал ряд концепций и стратегий крупнейших компаний транспортно-логистического бизнеса. В частности, ОАО «РЖД» утвердила многолетнюю программу цифровой трансформации на железнодорожном транспорте [3]. Среди задач:

- повышение доходности грузоперевозок и логистического бизнеса;
- формирование сквозных цифровых технологий организации перевозочного процесса («Цифровая железная дорога») для повышения эффективности железнодорожных перевозок и инфраструктуры.

Основой цифровой железной дороги должна стать единая платформа транспортного комплекса РФ, которую планируется создать на базе АО «ГЛОНАСС», с привлечением систем «ПЛАТОН», а также корпораций «РЖД» и «Ростех». Программный продукт предполагает разработку сервисов по контролю транзита грузов, а также оборудования датчиками учета пространства парка вагонов, электронный документооборот, а также система обязательного страхования грузов. Проект курируется на высшем государственном уровне Максимом Акимовым, вице-премьером, ответственным в том числе за цифровую трансформацию транспортного комплекса РФ.

Заметим, что «цифровой» транспорт и логистика – интерактивная структура управления ТК РФ, а также ключевой фактор и драйвер для перестройки производства под требования цифровой экономики. Транспортные и логистические системы – ключевой фактор в экономической конкурентоспособности страны. Развитие цифрового транспорта и логистики должно привести к созданию комплексных систем, которые должны администрироваться и управляться независимыми бизнес-единицами. При этом планирование перевозок должно происходить с учетом технических характеристик транспортной инфраструктуры и территориальных особенностей регионов России (топографический фактор). Основным подходом в цифровой экономике является подход со стороны пользовательских сервисов [1, 5].

Подобная система обладает огромным потенциалом повышения эффективности перевозки грузов отраслей промышленности РФ в силу обеспечения наличия полной информации о состоянии как объектов управления, так и взаимодействующих с ними и друг с другом транспортных, грузовых, информационных и финансовых потоков на основе соответствующей нормативно-правовой базы.

Логично, что для развития подобных перспективных технологий, необходимо учитывать ряд рисков проекта, среди которых необходимо выделить следующие:

- информационная безопасность;
- террористические атаки на транспортную инфраструктуру;
- ограниченность финансирования;
- бюрократия;
- социальные ограничения.

Ответом на эти факторы стало другое поручение Президента РФ Владимира Путина, который утвердил программу прогноза и предотвращения кибератак: «Основы государственной политики Российской Федерации в области международной информационной безопасности на период до 2020 года» [4]. Документ не является исчерпывающим применительно к вызовам внутри государства, однако международная повестка уделяет особое внимание роли информационно-коммуникационных технологий в обеспечении безопасности на транспорте. Отечественные инициативы с точки зрения создания единой цифровой платформы транспортного комплекса страны, а также проект обеспечения процесса перевозок на основе принципа «Единый билет», автономизация транспортных средств, внедрение беспилотных летательных аппаратов создают дополнительные угрозы для системы обеспечения безопасности на транспорте.

В ближайшее время информационная безопасность будет играть ключевую роль в повседневной работе ведущих отечественных компаний транспортно-логистического сектора. В этой связи вопросам цифровизации, борьбе с киберугрозами должно уделяться повышенное внимание. Приоритет в вопросах информационной безопасности является критически важным в вопросах обеспечения функционирования объектов инфраструктуры, прежде всего транспорта.

Список литературы

1 Управление промышленностью в России: экономика, экология и общество : [монография] / А. А. Гибадуллин [и др.]. – М. : ИД ГУУ, 2018. – 184 с.

2 Об утверждении программы "Цифровая экономика Российской Федерации" : распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/71734878/>. – Дата доступа : 01.09.2019.

3 Об утверждении программы развития ОАО "РЖД" до 2025 года (вместе с "Долгосрочной программой развития открытого акционерного общества "Российские железные дороги" до 2025 года") : распоряжение Правительства РФ от 19.03.2019 № 466-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_320741/. – Дата доступа : 01.09.2019.

4 Основы государственной политики Российской Федерации в области международной информационной безопасности на период до 2020 года : Указ Президента РФ от 24.07.2013 № Пр-1753 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_178634/. – Дата доступа : 01.09.2019.

5 Халимон, Е. А. Анализ развития цифровой экономики России / Е. А. Халимон, Н. Г. Малышкин ; Государственный университет управления // Вестник университета. – 2018. – № 8. – С. 79–86.

ГЕОПОЛИТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

И. Э. СУЛЕЙМЕНОВ, Е. С. ВИТУЛЁВА

НАО «Алматинский университет энергетики и связи», Казахстан

Д. Б. ШАЛТЫКОВА

Институт информационных и вычислительных технологий МОН РК, г. Алматы, Казахстан

Инициатива руководства Китайской Народной Республики (КНР) «Один пояс – один путь» со всей очевидностью продемонстрировала тот факт, что вопросы обеспечения безопасности на транспорте в настоящее время приобретают, без преувеличения, геополитическое значение.

Далеко не в последнюю очередь это связано с фактором международного терроризма. А именно, инициатива «Один пояс – один путь» предполагает создание транспортных коммуникаций в пределах регионов, находящихся в зоне повышенного геополитического риска. Этот риск связан как с влиянием определенных кругов в странах ядра мировой экономической системы, так и с сугубо внутренними турбулентными процессами, протекающими по так называемой «дуге нестабильности», которая проходит от Балкан на западе до Синьцзян-Уйгурского автономного округа на востоке.

Следовательно, реализация рассматриваемой инициативы высшего руководства КНР неизбежно столкнется с теми или иными террористическими проявлениями, которые могут существенным образом осложнить как саму её реализацию, так и создание той коммуникационной сети, которая отвечает более чем масштабным целям и задачам указанной инициативы.

Уместно подчеркнуть, что геополитический риск, связанный с реализацией данной инициативы, является весьма существенным также в силу целого ряда фундаментальных факторов, которые рассматривались еще в трудах основоположников геополитики [1, 2], к которым все чаще обращаются в последнее время в связи с нарастающей в мире конфликтностью [3, 4].

Прежде всего речь идет о давнем геополитическом состязании между морскими и континентальными державами. Иллюстрацией к этому служит хорошо известный факт – многие цветущие города Великого шёлкового пути, в частности Отрар и Бухара, пришли в запустение вследствие того, что португальцами был проложен конкурирующий маршрут вокруг мыса Доброй Надежды до Индии и далее до Индокитая.

Как следствие, Великий шёлковый путь потерял своё геополитическое значение, прежде всего потому, что стоимость транспортировки грузов морем оказалась существенно ниже, чем перевозка караванами (даже при учете всех рисков морских перевозок). Данное положение дел во многом сохраняется и сегодня. Стоимость морских перевозок из южных портов Китая в Европу является намного более низкой, нежели стоимость перевозок по территории Евразии. В этом смысле можно говорить о том, что инициатива руководства КНР представляет собой геополитический ответ на давний вызов со стороны морских держав. Это неизбежно вызовет более чем серьезное противодействие, и к этому нужно быть готовым.

В первую очередь здесь встает вопрос о том, что следует считать успехом террористической атаки. На первый взгляд, речь идет только о прямых последствиях, связанных, скажем, с нарушением железнодорожного сообщения или с жертвами воздушных террористических акций. Однако если посмотреть на эту проблему с точки зрения экономики, то выясняется, что куда большие потери обусловлены существованием только лишь угрозы террористической атаки. А именно, масштабные мероприятия, которые вынуждены проводить развитые страны в целях обеспечения авиационной безопасности, шире – безопасности на транспорте в целом, приводят к существенному возрастанию транспортного сопротивления. Расходы на перевозку авиапассажиров в настоящее время существенно возросли именно вследствие того, что аэропортовские службы вынуждены уделять повышенное внимание проблемам безопасности. В этом смысле угроза терроризма уже привела к более чем заметным экономическим последствиям.

Следовательно, для того чтобы затрагиваемые в данной работе были освещены последовательно, в первую очередь необходимо дать адекватную интерпретацию такой величины, как «транспортное сопротивление».

В данной работе показано, что адекватное истолкование понятия транспортного сопротивления может быть дано на основании аналогии со статистической физикой. А именно, статистическая физика вводит (и теоретически обосновывает) такие понятия, как температура, давление и другие макроскопические термодинамические через понятие энтропии. Классическое определение энтропии, даваемое в рамках современной статистической физики, звучит так: энтропия есть логарифм кратности вырождения конкретного состояния. Под кратностью вырождения понимается число способов, в котором данное состояние может быть реализовано. Соответственно, наиболее вероятным является то состояние, в котором энтропия достигает максимума.

Следует подчеркнуть, что понятие энтропии в настоящее время применяется к равновесным системам. Это оправданно в первую очередь по фундаментальным соображениям, связанным с тем, что только применительно к такого рода системам можно адекватно оперировать представлениями о кратности вырождения и о наиболее вероятном состоянии.

Однако существует еще один класс систем, для которых понятие энтропии может быть сформулировано по аналогии со статистической физикой, но которые являются далекими от равновесия. А именно к такого рода системам относятся системы, не являющиеся равновесными, но находящиеся в стационарном состоянии. Упрощая, это системы, в которых могут развиваться макроскопические потоки, но эти потоки остаются неизменными во времени.

Как показано в данной работе, применительно к системам такого рода может быть сформулировано понятие «потоковой энтропии». Это понятие формулируется на той же основе, что и понятие энтропии в классической статистической физике, с тем отличием, что в качестве состояния рассматриваются «элементарные потоки» (или, иначе, определённые потоковые состояния). В соответствии с модифицированным определением потоковая энтропия есть число способов, которое может быть реализовано макроскопическое состояние, в котором реализуется данная конфигурация потоков. Отталкиваясь от такого определения, можно адекватно сформулировать понятие «потоковой температуры», характеризующей, например, интенсивность движения автомобилей по конкретной дороге, потокового давления и, что самое главное, транспортного сопротивления.

В качестве частного случая в работе рассматривается состояние равновесия между двумя трассами, связывающими два транспортных узла. При условии, что качество дорожного полотна одной из трасс является хуже, чем второй, очевидно, что потоки будут распределены неравномерно. Однако использование понятия потоковой энтропии позволяет показать, что здесь также реализуется некий аналог термодинамического равновесия, отвечающий условию равенства потоковых температур.

Точно так же, как и температура двух тел различной массы может быть одинаковой, так одинаковой является и потоковая температура для двух дорог, обладающих совершенно различной пропускной способностью. Очевидно, что здесь величина, характеризующая пропускную способность, является аналогом электрической проводимости, а потоковое сопротивление аналогом электрического сопротивления. Наиболее существенно, что последовательный анализ коммуникационной сети на основе понятия потоковой температуры позволяет с одинаковых позиций рассматривать коммуникации совершенно различных типов – морские, воздушные, железнодорожные и т.д. Фундаментальной задачей здесь очевидно является вопрос о характере изменения потокового равновесия между юго-восточной Азией и Западной Европой по мере реализации инициативы «Один пояс – один путь».

Существенно также, что предлагаемый подход является теоретической основой в том числе и для оценки уровня воздействия террористических угроз на транспортную систему с точки зрения экономических факторов.

Список литературы

- 1 Мэхен, А. Влияние морской силы на историю / А. Мэхен // Классики геополитики: XIX столетие. – М., 2002.
- 2 Хаусхофер, К. Геополитическая динамика меридианов и параллелей / К. Хаусхофер // Геополитика и безопасность. – 2011. – № 3. – С. 112–115.
- 3 Горбунов, В. С. Необходимость развития приграничных регионов Российской Федерации с учетом геополитической модели Х. Дж. Маккиндера / В. С. Горбунов // Московский экономический журнал. – 2017. – № 1.
- 4 Волков, А. С. Концепция Х. Дж. Маккиндера "географической оси истории" в системе международных отношений / А. С. Волков // Вопросы образования и науки. – 2017. – С. 102–106.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

А. Е. СЫЧЕВ, Е. И. СЫЧЕВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Стратегией развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года, утвержденной советом директоров ОАО «РЖД» (протокол от 23.12.2013 № 19) предусматривается на целом ряде направлений увеличение пропускной способности перегонов и станций, а также перерабатывающей способности сортировочных горок. Сортировочные горки являются основным техническим средством расформирования составов и формирования грузовых поездов на железнодорожных станциях. Сегодня на сети российских железных дорог эксплуатируется более 140 сортировочных горок, том числе горки повышенной, большой, средней и малой мощности. Опыт эксплуатации сортировочных горок показывает, что в настоящее время задача обеспечения качественной их сортировочной работы окончательно не решена. Значительное число отцепов не докатывается до вагонов, стоящих на путях сортировочных парков, образуя «окна». Отмечаются случаи соударения вагонов с недопустимо высокими скоростями, что приводит к повреждению вагонов и грузов. Согласно официальной статистике, из общего числа вагонов, поврежденных на станциях сети, до 40 % выводятся из строя на сортировочных горках, и за последние годы эта статистика кардинально не улучшается. Вопрос обеспечения сохранности вагонного парка при роспуске вагонов на сортировочных горках остается одним из актуальных и в настоящее время. Несмотря на получение возмещения ущерба за поврежденные вагоны со стороны виновного предприятия, при повреждении вагон теряет запас прочности, в результате чего сокращается срок его эксплуатации. Для повышения качества перевозок необходимо решение обозначенной проблемы.

Анализ развития нормативной документации в области проектирования сортировочных устройств горочного типа показывает, что в связи с изменяющимися условиями работы сортировочных горок выпускается новая и корректируется действующая нормативная документация. Так, например, согласно Инструкции по расчету максимально допустимой длины отцепа при роспуске на сортировочных горках (за № ЦД 49-р от 01.04.2013 года) утвержден порядок определения допустимого количества вагонов в отцепе. До 2013 года такой порядок не регламентировался.

Повысить эффективность и безопасность работы сортировочных горок возможно в том числе и за счет оптимизации их продольного профиля и высоты [1, 2]. Наибольшее влияние на высоту сортировочных горок оказывают расчетная длина пробега и величина основного удельного сопротивления движению, поэтому выбор и обоснование этих величин является важным фактором в определении оптимальных параметров горки. В настоящее время существенно изменились эксплуатационные условия работы железных дорог России, поэтому выбор только 10 % вагонопотока при определении расчетной величины основного удельного сопротивления движению вагонов [3] не отражает современные реальные условия эксплуатационной работы сортировочных горок. Переход в период с 2004 по 2012 год российских железных дорог к работе с частным вагонным парком привел к росту до 41 % порожнего пробега вагонов. При этом существенно изменилась и структура перерабатываемого вагонопотока на станциях [2].

В связи с изменением структуры перерабатываемого вагонопотока на станциях вес расчетного бегуна необходимо определять по средней величине всего вагонопотока, перерабатываемого на данной сортировочной горке, а расчетную длину пробега и расчетную точку принимать с учетом полезной длины и уклонов сортировочных путей [2]. Применение предложенных изменений в действующей методике [3] определения потребной высоты сортировочных горок будет способствовать повышению эффективности их работы.

На сети российских железных дорог для сортировки составов находят применение и полугорки. Анализ показывает, что по полугоркам недостаточно освещены вопросы оптимизации их высоты и проектирования продольного профиля, организации маневровой работы и сферы применения этих устройств. В отличие от горок малой мощности (ГММ), на полугорках нет тормозных позиций на спускной части, а сортировка вагонов в благоприятных летних условиях производится методом непрерывного надвига, как на ГММ без применения толчков и без торможения вагонов на спускной

части; торможение вагонов производится только на *сортировочных путях*. Анализ условий обеспечения сохранности вагонного парка на полугорках и ГММ показывает, что при несовершенных их технических средствах увеличение загрузки этих сортировочных устройств до предельных сопровождается повышением повреждаемости подвижного состава. Так, например, проведенные авторами исследования по работе полугорки на станции Куровская показали, что это сортировочное устройство имеет недостаток высоты. Вместе с тем очень хорошие бегуны при благоприятных условиях скатывания могут входить на парковую тормозную позицию со скоростью 4,91 м/с, что превышает допустимую скорость входа на ручной тормозной башмак в 4,5 м/с и требует длины юза для полной остановки таких бегунов в 29,90 метра, что также выше допустимого.

Для повышения безопасности и эффективности работы сортировочных устройств малой мощности при отсутствии у них интервальных тормозных позиций на спускной части парковые тормозные позиции должны быть в обязательном порядке оборудованы средствами механизации. Для повышения уровня безопасности в работе горочных устройств на сортировочных горках государств Западной Европы применяются вагоноосаживатели и точечные замедлители, устанавливаемые на путях сортировочного парка.

Все выше отмеченное позволяет утверждать, что современные технические средства сортировочных горок абсолютной безопасности роспуска обеспечивать не могут. Так же можно констатировать отсутствие до настоящего времени нормативных количественных оценок безопасности к системам управления и к технологическим процессам.

При неизменном уровне технической оснащённости станций увеличение темпа роспуска составов до критического может приводить к снижению перерабатывающей способности сортировочных устройств, поэтому выявление для каждой сортировочной горки максимальной скорости роспуска составов, при превышении которой происходит снижение ее перерабатывающей способности, представляется важной задачей.

Подводя итоги выше изложенному, можно сделать вывод о том, что действующая в России с 2003 года методика проектирования сортировочных устройств [3] требует существенной доработки. Задачей усовершенствования действующей методики расчета параметров сортировочной горки является получение в результате оптимизационных расчетов экономически эффективной в работе сортировочной горки, обеспечивающей выполнение требуемых объемов работы и требуемый уровень ее надежности и безопасности.

Список литературы

- 1 Кобзев, В. А. Проблемы повышения безопасности роспуска составов на сортировочных горках / В. А. Кобзев, И. П. Старшов, Е. И. Сычев // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 7.
- 2 Кобзев, В. А. Совершенствование методики расчета параметров сортировочных горок / В. А. Кобзев, И. П. Старшов, Е. И. Сычев // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17.
- 3 Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм : утв. МПС РФ 10.10.2003. – М. : Техинформ, 2003. – 168 с.

УДК 656.212.5

ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ПУТЕЙ ДЛЯ СЕКЦИОНИРОВАНИЯ НА СТАНЦИЯХ

Е. А. ТЕРЕЩЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В современных условиях требуются эффективные методы для решения существующих проблем. Секционирование сортировочных путей рассматривается в качестве действенной меры повышения пропускной способности станционных путей при значительном количестве маломощных назначений. Секционирование достигается посредством укладки ряда стрелочных переводов в определенной последовательности, что позволит адаптировать технологию переработки вагонопотоков на станции к объему и структуре общего вагонопотока полигона сети.

Станционные сортировочные пути оказываются недостаточно заполненными при накоплении групп вагонов в объемах подач на примыкающие грузовые пункты и передач на прилегающие станции и участки. Разделение таких сортировочных путей на секции позволяет накапливать вагоны нескольких назначений на одном пути. Число секций, на которое делится сортировочный путь, определяется соотношением полезной длины всего пути и потребными длинами каждой секции.

Наиболее эффективным является вариант расположения ходового пути в середине по отношению к секционируемой группе путей. Технология работы станции с секционированными путями сортировочного парка связана с осаживанием вагонов при расформировании поездов с назначениями на выделенные секции.

Сортировочные и сортировочно-отправочные пути по характеру работы являются технологически подобными, однако имеют объективные особенности. Сортировочно-отправочные пути выполняют функции, выходящие за пределы непосредственно сортировочной работы. Экспертная оценка показывает, что на сортировочно-отправочных путях скорее будут выполняться работы, связанные с окончанием формирования и отправлением поездов, чем непосредственно сортировка вагонов. Поэтому с учётом весовой доли вышеуказанных операций, данные пути в первом приближении выпадают из возможности секционирования. Это объясняется тем, что пути секционируются с целью увеличения количества назначений. При всём при этом в данном случае на сортировочно-отправочном пути находится фактически сформированный поезд из вагонов N -назначений. Однако назначения групп вагонов не являются определением, а основным критерием фактически будет назначение непосредственно назначения поезда по плану формирования. Отправочные пути обеспечивают накопление полносоставных поездов, и занятые вагонами стрелки секций резко сократят эффективность самого секционирования, так как придется в разрабатываемую технологию закладывать множественную вариантность маршрутизированных передвижений, что может вызвать затруднения у линейных работников на производстве.

При секционировании сортировочно-отправочных путей придется, очевидно, столкнуться с объективными сложностями. Это связано, в первую очередь, с вопросами обеспечения безопасности движения на путях, с которых непосредственно устанавливаются поездные маршруты отправления. Критичными будут являться также вопросы непосредственного формирования составов поездов на путях, полезную длину которых будут составлять несколько секций. Это повлечет за собой усложнение общей станционной технологии, что негативно скажется на характере эксплуатационной работы в целом.

Однако стоит учитывать, что в определенных случаях возможна общая технологическая переориентация парковых путей. Это позволит эффективнее использовать путевое развитие станции с учетом новых технических изменений, в частности при укладке дополнительных съездов.

Таким образом, сортировочно-отправочные и отправочные пути приравниваются по технологическому эквиваленту для работы с поездами, а не с группами вагонов расформированного состава. По определению отсутствует возможность секционировать путь, имеющий характеристику отправочного, так как после осуществления необходимых реконструктивных мероприятий, на нем будет выделяться короткая секция, в пределах которой не сформируется ни один поезд и ни одна передача. Это доказывает факт, что секция – атрибут исключительно сортировочного парка.

УДК 625.1.001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕСТНОЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

О. А. ТЕРЕЩЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Эффективность транспортной деятельности зависит от адаптации технологии транспорта возникающим потребностям транспортного рынка, условиям организации перевозок, используемым и внедряемым инновациям. Информационные технологии, применяемые на железнодорожном транспорте, создали виртуальную среду, динамично и адекватно отображающую перевозочный процесс. Ее наличие позволяет разрабатывать и реализовывать высокоточные алгоритмы планирования перевозочного процесса, включая модели реального времени.

Местная работа железной дороги является важной составляющей эксплуатационной работы, обеспечивающей начально-конечную фазу перевозки грузов. Для нее характерны операции, параметры которых зависят от достаточно большого числа участников логистической цепи. Качество местной работы оказывает влияние на процессы накопления и формирования поездов, ко-

торые в свою очередь определяют основные параметры эксплуатационной работы станций и узлов, участков, отделений и железной дороги в целом.

Целью моделирования местной работы является определение ее основных параметров по заданным временным срезам в периоде планирования. Результаты моделирования должны использоваться в качестве исходных данных для составления оперативного плана (на 4–24 ч).

Модель местной работы предлагается создать на основе Информационно-аналитической системы поддержки управленческих решений в грузовых перевозках (ИАС ПУР ГП). В ее составе должна быть информация:

- условно постоянная, включающая информационную модель железнодорожной инфраструктуры и нормативно-справочную информацию;

- переменная, включающая отображение состояния динамических объектов железнодорожного транспорта и параметров перевозочного процесса.

В качестве объектов модели обоснованно выбраны:

- объекты инфраструктуры: перегоны (участки), станции (и их подсистемы, включая грузовые пункты). По идентификационным признакам объектов инфраструктуры выполняется структурирование динамической базы данных;

- динамические объекты: вагонный парк, грузы, локомотивный парк, объекты технологического обеспечения перевозочного процесса. Посредством анализа выполнения процессов с такими объектами формируются динамические параметры, на основе которых определяется прогнозное состояние перевозочного процесса в местной работе.

Отличиями предлагаемой модели местной работы от существующих являются:

- возможность одновременно пооперационной и пообъектной идентификации местной работы в любом временном срезе периода оперативного планирования;

- полная адаптация к функционированию в режиме реального времени;

- возможность оценки технических и технологических рисков в местной работе по результатам ее моделирования;

- наличие адаптированной к модели методики разработки оперативного плана и технологии оперативного планирования местной работы на полигоне железной дороги.

В докладе также показывается, что разработанная методика моделирования местной работы железной дороги и связанная с ней технология оперативного планирования применимы в сложившихся производственных условиях и могут быть эффективно внедрены на предприятиях железнодорожного транспорта.

УДК 656.21

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КРУГОВЫХ КРИВЫХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЯХ

Е. А. ФИЛАТОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Как известно, наиболее небезопасной операцией взаимодействия вагонов является их автоматическое сцепление на кривых участках путей, часто выполняющееся при маневровой работе [1]: в горочной и выходной горловинах сортировочных парков; в горловинах приемоотправочных парков; на грузовых терминалах и путях необщего пользования и др. Процесс взаимодействия автосцепок при полном расположении одного из вагонов на круговой кривой, а второго – в прямой достаточно хорошо изучен [2, 3]. Однако достаточно часто вагон расположен в кривой лишь частично, когда одна из его тележек расположена в кривой, а вторая – на прямой. Наиболее вероятны такие ситуации при превышении длиной вагона длины кривой. Учитывая обращение на Белорусской железной дороге вагонов достаточно большой длины (до 27 м и более), а также наличие коротких кривых (менее длины вагона), автоматическое сцепление при неполном размещении одного из вагонов в кривой достаточно вероятно.

Однако в Нормках для расчета и проектирования вагонов [2] отсутствуют методы определения условий автоматического сцепления вагонов при частичном размещении вагона на кривой, что затрудняет

корректно установить особенности проектирования путевого развития для таких случаев с учетом обеспечения безопасности и эффективности маневровой работы.

Для определения расчетных параметров взаимодействия вагонов, когда один из них расположен в круговой кривой частично (только одной тележкой) доработаем расчетную схему для проверки условия движения вагонов в сцепе по s -образной кривой [4]. Приведенная к условиям расчета автоматического сцепления на круговой кривой схема показана на рисунке 1. Как видно из схемы, взаимодействие вагона, частично размещенного в кривой, может происходить по двум вариантам: со стороны тележки, расположенной непосредственно на кривой, и с противоположной стороны (в зоне тележки, расположенной на прямой). На схеме первая тележка расположена на прямом участке пути, а вторая (по направлению слева направо) в конце кривой длиной $l_{кр}$. Это обеспечивает наибольший угол отклонения продольной оси вагона от оси прямого участка пути β . По условию расчета длина кривой не должна превышать длину базы вагона.

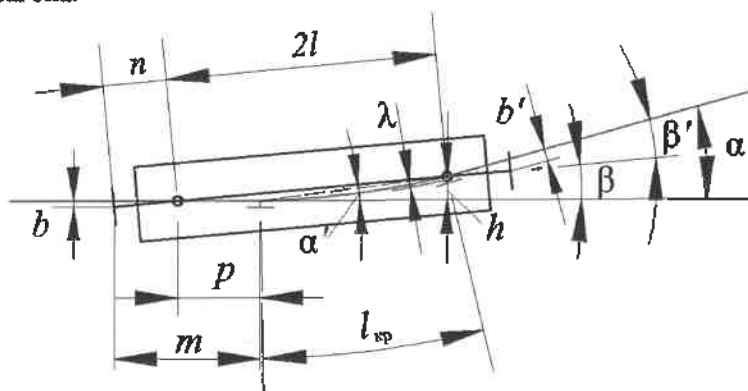


Рисунок 1 – Расчетная схема для определения параметров кривой, обеспечивающих автоматическое сцепление, при частичном расположении на ней вагона

Величина радиуса кривой, обеспечивающего эффективное взаимодействие автосцепных приборов со стороны тележки, располагаемой на прямом участке, должна соответствовать условию

$$R > \frac{(2l - p)^2 + 0,25l_{т}^2}{4l / (0,7 + n / B') + 2\lambda'}$$

где p – расстояние от начала кривой до оси первой тележки (см. рисунок 1), м; n – длина консоли от пятникового сечения вагона до оси автосцепки, м; $2l$, $2l_{т}$ – базы вагона и тележки, соответственно, м; B' – полная ширина захвата при параллельно расположенных сцепных приборах, м; λ – дополнительное поперечное смещение центров зацепления автосцепок, м.

Положение первой тележки относительно кривой $p = m - n$ (см. рисунок 1). Используя полученные параметры, с допустимой точностью можно определить местоположение точки сцепления относительно кривой (длину отрезка m от точки сопряжения кривой и прямой до точки проекции оси сцепления на ось прямого участка пути) $m = 2l + n - l_{кр}$. Показанный способ позволяет определить радиус кривой, обеспечивающий автоматическое сцепление со стороны тележки, расположенной на прямой (вторая тележка находится в конце кривой).

Рассмотрим пример взаимодействия четырехосных крытых вагонов для перевозки автомобилей длиной 24260 мм (база 17000 мм, консоль 3630 мм), оборудованных автосцепкой СА-3: один из вагонов располагается целиком на прямой ($b_1 = 0$, $\beta = 0$), второй – частично расположен на переводной кривой стрелочного перевода марки 1/6 длиной 14,16 м и радиуса 200 м.

Определим минимальный радиус кривой, обеспечивающий эффективность сцепления вагонов указанного типа

$$m = 17000 + 3630 - 14160 = 6470 \text{ мм};$$

$$p = 6470 - 3630 = 2840 \text{ мм};$$

$$R > \frac{(17000 - 2840)^2 + 0,25 \cdot (1850 \cdot 0,5)^2}{2 \cdot 17000 / (0,7 + 3630 / 175) + 2 \cdot 26} = 122569 \text{ мм} \approx 123 \text{ м}.$$

Для оценки величины радиуса, обеспечивающего сцепляемость в других случаях расположения второй тележки относительно конца кривой, расстояние до нее следует прибавить к величине m . Так, например, если конец кривой расположен в створе с осью сцепления, то $m = 2l + 2n - l_{кр}$. Предельная величина радиуса круговой кривой тогда составит $R = 68$ м.

Аналогичные аналитические зависимости можно получить для оценки условий проектирования кривых во втором варианте взаимодействия (см. рисунок 1, взаимодействие происходит со стороны тележки вагона, расположенной в кривой). Тогда эффективность взаимодействия обеспечивается при условии

$$R > \frac{4l \cdot l_{кр} - (2l - p)^2 + 0,25l_T^2}{4l(0,7 + n/B') - 2\lambda}$$

Используя исходные данные предыдущего расчета, получим:

$$R > \frac{2 \cdot 17000 \cdot 14160 - (17000 - 2840)^2 - 0,25 \cdot 1850^2}{2 \cdot 17000 / (0,7 + 3630/175) - 2 \cdot 26} = 182627 \text{ мм} \approx 183 \text{ м.}$$

При смещении вагона в сторону тележки, расположенной в прямой ($m = 2l + 2n - l_{кр}$), допустимая величина радиуса составит $R = 242$ м.

Учитывая, что эффективное взаимодействие в первом случае (со стороны прямой) обеспечивалось при радиусе $R = 68 \dots 123$ м, можно сделать вывод о том, что условие взаимодействия во втором варианте (со стороны тележки, расположенной в кривой) создает более сложные условия сцепления ($R = 183 \dots 242$ м) и может быть принято в качестве ограничивающего при оценке безопасности конструкции кривых малой длины (менее длины базы вагона).

Показанные выражения дополняют существующие методы расчета параметров кривых и позволяют повысить безопасность и эффективность перевозочного процесса на этапе проектирования путевого развития железнодорожных станций [1, 3, 4].

Список литературы

1 Филатов, Е. А. Комплексное обоснование параметров путевого развития железнодорожных станций и геометрических размеров подвижного состава / Е. А. Филатов // Транспортные системы и технологии перевозок : сб. науч. тр. ДНУЖТ им. акад. В. Лазаряна. – Д. : ДНУЖТ, 2018. – Вып. 16. – С. 93–101.

2 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колес 1520 мм (несамоходных) / ГосНИИВ – ВНИИЖТ. – М., 1996. – 319 с.

3 Филатов, Е. А. Повышение безопасности функционирования железнодорожных станций / Е. А. Филатов // Транспортные системы и технологии перевозок : сб. науч. тр. ДНУЖТ, 2017. – Вып. 13. – С. 78–83.

4 Сцепляемость и проходимость вагонов в кривых малого радиуса и по горкам / под ред. Ю. А. Хапилова // Труды ВНИИЖТа. – Вып. 440. – М. : Транспорт, 1971. – 95 с.

УДК 625.151.2

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРООБОГРЕВА СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ С АВТОМАТИЧЕСКИМИ ЦЕПЯМИ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ

Ю. Н. ХАРИТОНОВ, С. М. КОКИН

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Согласно определению Международной электротехнической комиссии, электромагнитная совместимость понимается, как ситуация, когда влияние друг на друга различных видов электроэнергетического и слаботочного электрооборудования не приводит к появлению недопустимых помех. Говоря об электромагнитной совместимости систем электрообогрева (ЭО) стрелочных переводов с рельсовыми цепями автоблокировки и цепями сигнализации, следует иметь в виду, что:

– падение напряжения на сопротивлении, соответствующем входному сопротивлению на питающих и релейных концах рельсовой линии, при включенной системе ЭО составляет 0,6 мВ, при выключенной – 0,8 мВ;

– в переходном режиме работы системы ЭО в момент включения нагревательного модуля происходит скачок напряжения до 0,7 мВ (при длительности переходного режима, не превышающей 0,5 с).

Указанные значения не изменяются при переходе от нормального режима работы рельсовой цепи к режиму её шунтирования колёсными парами подвижного состава. Но поскольку минимально допустимое напряжение на выходе рельсовой цепи любой нормы составляет 0,24 В, возникающие при работе системы ЭО помехи на два порядка меньше этого значения и поэтому не могут оказывать мешающего влияния на работу систем сигнализации и автоблокировки. Такой же уровень помех (не превышающий 0,7 мВ) сохраняется для всех гармонических составляющих выпрямленного тока, частоты которых для рельсовых цепей составляют 50, 425, 475, 575, 725 и 775 Гц, причём, чем выше кратность гармонической составляющей, тем меньше её амплитуда [1]. Это означает, что если обеспечивается электромагнитная совместимость для основной гармонической (50 Гц), то тем более она обеспечивается и для гармоник большей кратности.

На электрифицированных железных дорогах постоянного тока и метрополитенов широко используются системы автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) и автоматического регулирования скорости (АРС), отличительными признаками которых являются: частотный код шифрования передаваемой информации; использование немодулированного тока в рельсах; дешифрование принятых сигналов селективными приёмниками прямого сигнала.

В связи с этим возникают вопросы, связанные с возможным влиянием аппаратуры ЭО на работу данных систем. Важнейшей задачей устойчивой работы АЛС-АРС является отфильтровывание кодовых сигналов от гармонических составляющих тока в контактном рельсе. По этой причине передача кодовых сигналов осуществляется на частотах, отличающихся от гармонических составляющих тока в контактном рельсе. Все частоты, (кроме частоты 50 Гц), которые являются гармониками рельсовой цепи, приходятся на тот же диапазон частот, в котором находятся гармоники тягового тока. Возможное отклонение частоты генераторов в передающих устройствах АЛС-АРС не превышает $\pm 1\%$ ($0,5\%$ за счёт влияния температуры и $0,5\%$ за счёт настройки в процессе их изготовления). При достигнутом в настоящее время уровне стабилизации промышленной частоты 50 Гц, (равной $\pm 1\%$) совокупные отклонения составляют $\pm 2\%$; именно поэтому граничная полоса частоты пропускания фильтров не должна отличаться от номинальной частоты более чем на $\pm 2\%$.

С повышением частоты передаваемого сигнала возможная частота гармоники тягового тока приближается к границе полосы пропускания фильтра и из-за этого не рекомендуется использовать частоты в диапазоне от 750 Гц и выше при применении в качестве дешифраторов селективных приёмников прямого приёма кодовых сигналов. В диапазоне с частотами менее 750 Гц приёмные устройства тем надёжнее отличают кодовые сигналы от гармоник тягового тока, чем ниже эта частота. В этот диапазон попадают три гармоники, на которых работают рельсовые цепи системы АСЦБ. В связи с этим в технических указаниях по монтажу, эксплуатации и обслуживанию системы ЭО стрелочных переводов должны быть указаны дополнительные требования по выявлению возможных помех работе систем АЛС-АРС, оказываемых токами нагревательных модулей (НМ), установленных непосредственно на рельсах. Так, например, в метрополитене уровень этих помех в первом приближении не должен превышать изменения средних значений ЭДС взаимной индукции, наводимой в приёмных катушках ПК1 и ПК2 (рисунок 1) с учетом возможного смещения катушек относительно центра рельсов из-за изменения диаметра колёс при их износе.

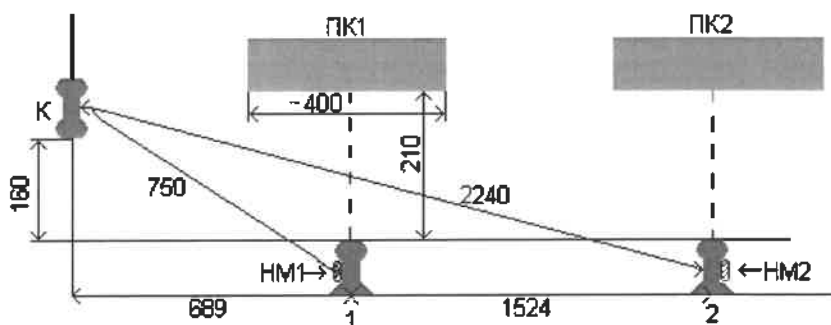


Рисунок 1 – Схема взаимного расположения контактного рельса (К), ходовых рельсов (1, 2) и расположенных на них нагревательных модулей (НМ) системы электрообогрева (ЭО) стрелочных переводов на открытом участке метрополитена

Средние значения ЭДС взаимной индукции, возникающей в приёмных катушках, рассчитывается по формуле

$$E_{1,2} = 2nM_{1,2}I_f$$

где f – частота гармоники тягового тока, I_f – ток в контактном рельсе при данной частоте, $M_{1,2}$ – коэффициент взаимной индуктивности между рельсом и расположенным над ним приёмной катушкой с учётом влияния нагревательного модуля, размещённого на рельсе. Полученные результаты по оценке электросовместимости с системами АЛС-АРС были нами использованы при разработке модульной системы электрообогрева стрелочных переводов, успешно работающей на ряде открытых участков московского метрополитена [2].

Список литературы

1 Бадёр, М. П. Электромагнитная совместимость / М. П. Бадёр. – М. : УМК МПС, 2002. – 638 с.

2 Харитонов, Ю. Н. Модульная система электрообогрева стрелочных переводов рельсового транспорта / Ю. Н. Харитонов / Безопасность движения поездов : сб. трудов XVIII науч.-практ. конф., 16–17 ноября 2016, Москва. – М. : МИИТ, 2016 – С. 11–107.

УДК 625.151.2

ОБ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОМ ОБУСТРОЙСТВЕ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ, ОБОРУДОВАННЫХ МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРООБОГРЕВА

Ю. Н. ХАРИТОНОВ, С. М. КОКИН, В. А. НИКИТЕНКО
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Разработанная в РУТ (МИИТ) на кафедре «Физика» [1, 2] система электрообогрева (ЭО) с профильными нагревательными модулями (НМ) для стрелочных переводов рельсового транспорта за время эксплуатации на ряде открытых участков Московского метрополитена получила практическое подтверждение своей энергетической эффективности и эксплуатационной надёжности. Эффективность и надёжность могут оцениваться, в частности, по объёму работ, связанных с монтажом, эксплуатацией и обслуживанием оборудования.

Согласно техническим указаниям, система ЭО отнесена к электроприёмникам третьей категории. Для её электропитания используется одна из фаз трёхфазного переменного тока напряжением 220 В с максимальной потребляемой мощностью 5 кВт. В соответствии с этим на одном стрелочном переводе устанавливается 18 нагревательных модулей мощностью 0,15 кВт (по 9 штук на шейках внешних сторон обоих рельсов). Возможно также подключение системы ЭО к выпрямителю, работающему по схеме двухполупериодного выпрямления со сглаживающим фильтром. Щит управления располагается непосредственно в зоне стрелочного перевода, там, где уже имеется подводка питания механизма перевода острия стрелки.

Коммутация нагревательных модулей системы выполнена по схеме параллельного подключения посредством кабеля с двойным бронированием, сечение жил которого выбрано из расчётного значения силы тока. Провода, соединяющие каждый НМ с питающим кабелем, имеют практически одинаковое сопротивление, так что общее сопротивление всей схемы ЭО, содержащей n модулей, равно $R_{\text{пар}} = R_i/n$ (здесь R_i – сопротивление одного модуля).

В практике российских железных дорог для обогрева часто используются трубчатые электронагреватели, которые обычно соединяют последовательно (по три, длиной $L = 3,35$ м, или по два, длиной $L = 5,6$ м, мощностью по 1,6 кВт). Однако при последовательном соединении нагревательных модулей (в этом случае общее сопротивление $R_{\text{пос}} = nR_i$) выделяемое нагревателями тепло $Q_{\text{пос}}$ меньше, чем при параллельном $Q_{\text{пар}}$. Действительно, при напряжении питания U за время Δt

$$Q_{\text{пар}} = U^2 / R_{\text{пар}} \cdot \Delta t = nU^2 / R_i \cdot \Delta t, \quad Q_{\text{пос}} = U^2 / R_{\text{пос}} \cdot \Delta t = U^2 / (nR_i) \cdot \Delta t,$$

то есть

$$Q_{\text{пар}} / Q_{\text{пос}} = n^2.$$

Как показала практика, помимо энергетической эффективности параллельное соединение обеспечивает значительное повышение устойчивости работы стрелочного перевода в условиях снегопада и обледенения: повреждение отдельного нагревательного модуля или проводов, соединяющих этот модуль с питающим кабелем, не приводит к прекращению работы всей системы обогрева, а лишь снижает поступление тепла к рамному рельсу или остряку перевода.

В цепи каждого НМ имеется однофазовый автоматический выключатель, отключающий модуль от источника питания (для ремонта, замены). О каждом случае повреждения в системе ЭО на пункт визуального контроля поступает сигнал от трёх блоков индикации (каждый блок сигнализирует о работе шести модулей). Принцип работы блока индикации основан на использовании трансформаторов тока. По первичной обмотке трансформатора идёт рабочий ток с нагревательного модуля, а в цепь вторичной обмотки включён светодиод, гаснущий при любом прерывании тока в НМ. При такой схеме электрической коммутации всех элементов ЭО выполняются требования электробезопасности обслуживающего персонала, поскольку и сам щит управления электрообогревом и питающий кабель имеют надёжные заземление.

При монтаже и эксплуатации системы электрообогрева ЭО следует иметь в виду, что мощность первого и последнего модулей с каждой стороны рамного рельса стрелочного перевода должна быть в полтора раза выше, чем остальных: эти НМ работают в наиболее ответственных местах прилегания остряка к рельсу и шпального короба, в котором размещён механизм перемещения перевода.

Дополнительный обогрев в зоне работы поворотного механизма стрелочного перевода как самих рельсов, так и всего шпального ящика, требуется не только в холодную погоду (при температуре ниже -20°C), но и при использовании на переводе системы обдува сжатым воздухом. На холоде нарушаются условия нормальной работы тяги стрелочной гарнитуры, которая обеспечивает связь электропривода поворотного механизма с острьяками стрелочного перевода. Эта связь осуществляется посредством болтового соединения, включающего в себя запрессованные в отверстиях тяги втулки и соединяющие тяги оси. В процессе эксплуатации втулки и оси периодически смазываются машинным маслом, которое замерзает при температуре -20°C . На морозе указанные соединения превращаются в жёсткие узлы, что приводит а) к увеличению силы, необходимой для поворота остряков, б) к уменьшению до критической величины расстояния между отведённым остряком и рамным рельсом (закрытый перевод), в) к увеличению зазора между прижатым остряком и рамным рельсом (открытый перевод). Устранить подобные явления можно, в частности, путём размещения одной пары НМ непосредственно в шпальном ящике поворотного механизма стрелочного перевода. Эта пара должна включаться (вручную или автоматически) при падении температуры наружного воздуха ниже -20°C .

На стрелочных переводах с очисткой от рыхлого или мокрого снега путём обдува потоки сжатого воздуха, направленные от остряков в сторону шпальных ящиков, забивают ящики комьями снега, смешанными с водой. Образовавшаяся наледь и смёрзшийся снег формируют прочную ледяную корку, которая затрудняет работу стрелочного перевода. Для предотвращения появления корки в этой зоне также предусмотрена установка пары нагревательных модулей.

По завершении осенне-зимнего сезона система электрообогрева отключается от источника питания и переводится в режим консервации, не требующий специального обслуживания. Если на этот период приходится плановый ремонт стрелочного перевода или его замена на новый, то демонтаж и повторная установка системы выполняется силами рабочих службы пути.

Практика расчетов и применения модульной системы электрообогрева стрелочных переводов служит наглядным примером необходимости знаний курса общей физики в работе инженеров транспортной отрасли и широко используется на кафедре физики при организации УИРС и НИРС.

Список литературы

1 Харитонов, Ю. Н. Модульная система электрообогрева стрелочных переводов на открытых станциях Московского метрополитена / Ю. Н. Харитонов // Актуальные проблемы социально-экологической и экономической безопасности Поволжского региона : сб. материалов науч.-практ. конф. – Казань : Казан. фил. МИИТ, 2013. – С. 8–10.

2 Харитонов, Ю. Н. Модульная система электрообогрева стрелочных переводов рельсового транспорта / Ю. Н. Харитонов // Безопасность движения поездов : сб. трудов XVIII науч.-практ. конф. (16–17 ноября 2016, Москва). – М. : МИИТ, 2016. – С. 11–107.

БЕЗОПАСНОСТЬ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ*Е. В. ШВЕЦОВА, В. Н. ШУТЬ**Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь*

Человечеству необходимо иметь такой транспорт, который ездил бы автономно, а водитель мог наслаждаться отдыхом и спокойно добираться до нужного места, не прилагая при этом никаких усилий. Можно было бы в дороге спокойно спать и не волноваться по поводу выпитого алкоголя, ведь машина сама довезет домой. Желание добиться улучшения ситуации дорожного движения за счет автоматизации подтолкнуло ученых к разработке автономных автомобилей, способных передвигаться без участия человека.

В последние годы наблюдается рост интереса среди ученых и производителей автотранспорта к беспилотным автомобилям, способным перемещаться по дорогам без участия человека. По сравнению с машинами, управляемыми человеком, автономные обладают большей скоростью реакции на изменение дорожной ситуации и не подвержены влиянию человеческого фактора: усталости, психическое состояние и пр. Использование качественных систем автономной навигации позволит уменьшить количество ДТП и человеческих жертв, снизит стоимость транспортировки товаров, позволит экономить время, затрачиваемое сейчас на вождение транспортных средств. Даже при наличии водителя автономная система может взять управление на себя, в случае, например, если водителю станет плохо. Такие системы разрабатываются на основе платформ, конструктивно сходных с современными автомобилями и не свойственных другим робототехническим конструкциям.

На сегодняшний день существуют прототипы практически любого вида беспилотного транспорта. Активно внедряются в жизнь и заменяют людей военные и промышленные роботизированные транспортные устройства. Наука не стоит на месте и уже сейчас становятся актуальными беспилотные легковые автомобили, грузовики, роботизированная авиация, водные транспортные средства и т.д.

Вопросы безопасности беспилотного транспорта вызывают особый интерес. В случае, если интеллект робота уступает человеческому, то всегда может возникнуть какая-то нештатная ситуация, в которой он окажется бессилён. С этой точкой зрения можно было бы согласиться, если бы не реальный интеллектуальный уровень многих современных водителей, и если не знать реальную ситуацию на дорогах.

Не вызывает сомнения, что если бы живые водители были столь же дисциплинированы, как и роботы, и не употребляли алкоголь и наркотики, а неизбежные несчастные случаи являлись бы только следствием нештатных ситуаций, оказавшимся роботам не под силу, то жертв на дорогах стало бы на порядки меньше.

В дальнейшем под беспилотным автомобилем будем понимать такое транспортное средство, которое оборудовано системой автоматического управления и которое может передвигаться по дорогам без непосредственного участия человека.

Таким образом, беспилотные автомобили – это следующий этап эволюции перевозок. Начавшийся с ручного перетаскивания, изобретения колеса и пройдя этот долгий путь, очевидным следующим этапом является исключение человека из этой схемы. Это несет ряд преимуществ:

- у людей с ослабленным зрением появится возможность самостоятельно перемещаться на автомобиле;
- сократится количество ДТП и человеческих жертв;
- возможность перевозки грузов в опасных зонах, во время природных и техногенных катастроф или военных действий;
- снижение стоимости транспортировки грузов и людей за счёт экономии на заработной плате водителей;
- более экономичное потребление топлива и использование дорог за счёт централизованного управления транспортным потоком;
- экономия времени, ныне затрачиваемого на управление автомобилем, позволяет заняться более важными делами или отдохнуть;
- повышение пропускной способности дорог за счёт сужения ширины дорожных полос.

Особую озабоченность в теме беспилотных транспортных средств вызывает проблема терроризма. Американская ФБР уверена, что так называемые беспилотные автомобили, над которыми сейчас работают многие автопроизводители, могут в будущем привести к росту преступности и террористических актов, пишет издание The Guardian со ссылкой на отчет ФБР.

По мнению американцев, сейчас автомобили на автопилоте выглядят весьма безобидно. Но в дальнейшем они могут эволюционировать и стать «смертельным оружием». Ведь для совершения, скажем, террористического акта человеку уже не надо будет превращаться в смертника – ему придется лишь сказать, куда машине нужно ехать и спокойно скрыться.

А еще, например, водитель преследуемого автомобиля сможет включить автопилот и совершенно спокойно отстреливаться от погони – сейчас ему это делать весьма затруднительно.

С другой стороны, в ФБР отмечают, что массовое появление машин с автопилотами и «автономных» автомобилей позволят значительно сократить число ДТП, ведь в этом случае так называемый «человеческий фактор» будет отсутствовать. Именно поэтому в ФБР считают, что американский Конгресс в ближайшие 5–7 лет все-таки разрешит эксплуатацию беспилотных автомобилей. Экономической выгоды от владения полностью автономного автомобиля практически не будет, а вот в индустрии каршеринга и пассажирских перевозок произойдет настоящая революция за счет радикального снижения стоимости поездок.

Для понимания необходимости выпустить руль из своих рук человечество должно понимать, какие экономические перемены ждут его. Первым и не сложно подсчитываемым аспектом является сама ценность человеческой жизни, ведь с увеличением числа беспилотников, которые “не ошибаются” число аварий и сама смертность в результате ДТП снизится кратно в течение первых пары лет. А если брать в расчет количество исков, связанных с возмещением ущерба от увечьев, то этот рынок в адвокатских и судебных в странах Запада сравним с ВВП какой-нибудь европейской страны, и на 2009 год составлял \$ 300 миллиардов.

Вторым аспектом является увеличение пропускной способности, так как робот может с идеальной, недостижимой человеку точностью выдерживать интервал между машинами, общаясь по компьютерным сетям с соседними машинами и дорожной инфраструктурой, двигаться так, что возможность заторов и пробок заметно уменьшится. Кроме того, несклонный к суете киберводитель будет придерживаться именно той скорости, при которой экологический ущерб от работы ДВС минимален, а этот ущерб оценивается для США ещё в \$150 млрд в год.

А самым весомым экономическим результатом внедрения робокаров окажется появление принципиально нового рынка, связанного с переходом автомобильной индустрии на сервисную модель бизнеса. Ведь если откинуть моральную составляющую (немаловажную, кстати: и для многих иностранцев, и для многих соотечественников взятый в кредит автомобиль, более дорогой, чем позволяют их доходы, оказывается важнейшим средством подъема самооценки), то задача автомобиля проста – безопасно, быстро и комфортно доставить нас с места на место.

В зависимости от выбранной модели обслуживания она окажется или такси, или персональным лимузином (дело в приоритетах обслуживания: больше платишь – более высокий приоритет имеешь), способным отъехать на стоянку и вернуться за седоком. Или же обслуживающим других пользователей системы.

Таким образом на наших глазах возникает новая – и многотриллионная! – отрасль бизнеса. Порожденная информационными технологиями и наследующая от них «сервисную» модель бизнеса. Способная изменить образ жизни сотен миллионов людей!

2 БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

УДК 621.331:621.311.4

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКТНО-БЛОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЯГОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

О. С. АНАНЬЕВА, П. А. КУРИЦЫН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время на территории Республики Беларусь происходит стремительное развитие хозяйства электроснабжения Белорусской железной дороги, в связи с чем нарастает нагрузка на объекты энергоснабжения. Увеличение потенциала действующих устройств тягового электроснабжения, а также модернизация системы энергоснабжения станций становятся важнейшими элементами в структуре плана развития инфраструктуры, применения современных технических решений и новейших конструкций, материалов, оборудования.

Объектом рассмотрения является тяговая подстанция 110/27,5 кВ «Борисов», относящаяся к Оршанской дистанции электроснабжения. Ввод данной подстанции в постоянную эксплуатацию состоялся 22 марта 1975 года. Технологии, существующие к этому времени, предполагали следующий цикл сооружения тяговых подстанций: отвод территории под открытую и закрытую части подстанции, строительство капитального здания закрытой части подстанции с прокладкой всех необходимых коммуникаций для тепло- и водоснабжения, а также водоотведения, поставку с различных предприятий электрооборудования для открытой и закрытой частей, монтаж электрооборудования на объекте, наладку и приемо-сдаточные испытания, сдачу объекта в эксплуатацию.

Такая технология имела следующие недостатки:

- сложная технологическая цепочка взаимодействия предприятий-изготовителей;
- значительные площади, занимаемые под электрооборудование;
- большие сроки ввода в эксплуатацию (от 8 до 12 месяцев);
- низкая эксплуатационная надежность;
- большие капитальные и эксплуатационные расходы.

Преодолеть существующие проблемы призвана комплектно-блочная технология, суть которой заключается в том, что на одном предприятии осуществляется исследование и конструирование, проектирование, производство, испытания, монтаж, наладка, сервисное и гарантийное обслуживание.

В рамках реализации проекта по реконструкции тяговой подстанции «Борисов» положена концепция создания необслуживаемой подстанции без постоянного эксплуатационного персонала, которая базируется на следующих основополагающих принципах:

- использование при реконструкции высоконадежного оборудования, не требующего постоянного присутствия дежурного персонала и техническое обслуживание которого минимально;
- применение средств автоматизации и функциональной диагностики всего оборудования подстанции, что позволит перейти от обслуживания «по регламенту» к обслуживанию «по необходимости».

Помимо реализации настоящих принципов при реконструкции рассматриваемой тяговой подстанции планируется обеспечить:

- минимизацию затрат на реконструкцию здания подстанции;
- учет реальных уровней загрузки участков железной дороги;
- выполнение требований экологичности и электромагнитной совместимости;
- электробезопасность.

Применение комплектно-блочных технологий позволит отказаться от оборудования, весьма разнородного по степени функциональной завершенности, а также по своим конструктивным, технологическим, эксплуатационным и прочим параметрам. Внедрение комплекта укрупненных функциональных блоков полной заводской готовности, позволяющего путем агрегатирования соответ-

ствующих разновидностей блоков реализовать требуемый проект реконструкции подстанции и в то же время учесть особенности конкретных условий, является кардинальным решением проблемы комплексования подстанции при «стыковке» разнородного оборудования на месте эксплуатации, при техническом обслуживании, ремонте и модернизации, что в ряде случаев служило косвенной причиной производственного травматизма.

Мировой опыт показывает, что составляющими реализации модульно-блочной технологии являются:

1) внедрение систем тягового электроснабжения, обеспечивающих минимальное количество опорных подстанций с привязкой их к объектам других служб или крупным населенным пунктам. На линии должны остаться максимально упрощенные электроустановки, не требующие технического обслуживания;

2) использование высоконадежного оборудования, не требующего планово-предупредительного ремонта в течение установленного срока службы или постоянного присутствия обслуживающего персонала;

3) максимальная автоматизация процедур обслуживания, которая достигается путем создания автоматизированных систем управления технологическими процессами;

4) высокоэффективная инфраструктура эксплуатации и технического обслуживания подстанций.

Рост надежности отдельных компонентов системы электроснабжения, а также появление современных материалов позволяют говорить о практической реализации данной технологии.

Для достижения поставленных целей потребуется решение следующих основных технических задач.

1 Внедрение оборудования, не требующего постоянного присутствия дежурного персонала и дающего возможность сосредоточить обслуживание квалифицированным персоналом, оперативное управление в центрах с развитой инфраструктурой.

2 Упрощение схем главных электрических соединений подстанции, определяющих количество оборудования, режимы его работы и основные энергетические показатели.

3 Определение перечня основных силовых компонентов и их конструктивного исполнения, позволяющего снизить затраты, обеспечить высокие гарантийные сроки и минимизировать или исключить техническое обслуживание.

4 Разработка схем вторичных цепей на основе микропроцессорных фидерных терминалов, выполняющих все функции на данном присоединении, включая диагностику состояния силового оборудования и самодиагностику.

5 Определение оптимальной технологии проведения работ при условии обеспечения бесперебойного электроснабжения.

6 Организация высоконадежной системы управления подстанции, обеспечивающей работу без постоянного дежурного персонала, доступность и достоверность информации о техническом состоянии оборудования.

Решение вышеуказанных технических задач позволит:

– снизить потери электроэнергии в системе тягового электроснабжения и повысить энергетические показатели системы;

– сократить затраты на техническое обслуживание за счет оптимизации трудовых, энергетических и материальных ресурсов;

– повысить надежность функционирования всего оборудования и безопасность персонала.

Так, переход от существующего на тяговой подстанции 110/27,5 кВ «Борисов» открытого распределительного устройства (ОРУ) 27,5 кВ к закрытому типу распределительного устройства (ЗРУ) 27,5 кВ, выполненного с применением современной модульно-блочной технологии позволит говорить о ряде преимуществ, среди которых можно выделить отсутствие воздействия атмосферных осадков на высоковольтные аппараты; невозможность проникновения диких животных в электрические части установок, находящихся под напряжением; высокую степень электробезопасности эксплуатационного персонала, а также уменьшение занимаемой подстанцией площади.

Реализация данного подхода позволит говорить не просто о разработке нового комплекса оборудования для подстанции, но и о внедрении новых технологий электрификации и реконструкции, охватывающих все этапы: автоматизированное проектирование системы тягового электроснабжения для конкретного участка, изготовление и наладку оборудования в условиях современного производства, монтаж на месте эксплуатации и минимизацию технического обслуживания при эксплуатации.

МАТРИЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С НАКОПИТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

О. С. АНАНЬЕВА, В. Н. ПОДОЛЬСКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Неравномерная загрузка тяговых подстанций (ТП), как правило, увеличивает потери электрической энергии как в системе тягового, так и внешнего энергоснабжения. Для уменьшения потерь и обеспечения требуемых технико-экономических показателей режимов работы системы тягового электроснабжения (СТЭ) применяют ряд мероприятий, способствующих равномерной загрузке всех элементов системы. Одним из таких мероприятий является применение в СТЭ рекуперативного торможения, которое на сегодня является наиболее эффективным методом по снижению энергопотребления. Внедрение накопителей электрической энергии (НЭЭ) как приемников избыточной энергии рекуперации показало положительный результат, который заключается не только в снижении общего энергопотребления по времени, но и в регулировании уровня напряжения в контактной сети.

На данный момент известно большое количество научных работ, в которых рассматриваются вопросы, связанные с внедрением аккумулирующих устройств в систему электроснабжения как постоянного, так и переменного тока, с определением оптимального места размещения НЭЭ, а также массогабаритных и энергетических показателей, обеспечивающих стабильную работу СТЭ.

Приемники избыточной энергии можно располагать как на борту подвижного состава, так и в различных точках СТЭ, а именно: на тяговых подстанциях, на выводах питающих линий; на постах секционирования, в межподстанционной зоне, а также вдоль контактной сети. Выбор оптимального места размещения зависит в свою очередь от ряда показателей, таких как: экономическая эффективность, удобство эксплуатации и обслуживания, его энергетические и массогабаритные показатели, а также капитальные затраты. Кроме того, при выборе рационального места размещения также необходимо учитывать потери мощности и электрической энергии, связанные в первую очередь с особенностями ее резервирования. При определении оптимальных для НЭЭ массогабаритных и энергетических показателей необходимо учитывать не только объем резервируемой энергии от рекуперирующего ЭПС и СТЭ, но и возможность обеспечения экономичного и надежного снабжения потребителей электроэнергией. Поэтому выбор оптимального места размещения НЭЭ в системе электроснабжения железных дорог сегодня остается актуальной задачей.

На кафедре «Локомотивы» Белорусского государственного университета транспорта (БелГУТ) была разработана имитационная модель совместной работы ЭПС и системы электроснабжения с НЭЭ. Предлагаемая модель позволяет также производить расчет токораспределения с учетом НЭЭ в СТЭ, определять оптимальную мощность и место размещения устройства для различных критериев оптимальности с учетом изменения токов нагрузок по времени и различных режимов их работы.

Главным отличием предлагаемого метода расчета от ранее опубликованных является использование в модели схем замещения сложных участков, которые позволяют учитывать квазидетерминированный график движения поездов, основные элементы СТЭ, токи электрического подвижного состава (ЭПС) как в режиме тяги, так и в режиме рекуперации, а также основные режимы работы НЭЭ и его расположение в СТЭ. Одним из этапов работы представленной модели является составление и расчет мгновенных схем.

Для определения токов и напряжений в системе тягового и внешнего энергоснабжения расчет подобных мгновенных схем с учетом основных режимов работы ЭПС и НЭЭ, а также места их расположения в СТЭ необходимо решать многократно, что в свою очередь значительно увеличивает затраты времени на их производство. Данную задачу можно упростить, если воспользоваться специальными методами расчета, предназначенными для анализа сложных электрических цепей. Одним из таких методов является метод узловых потенциалов на основе матрично-

топологического подхода формализации электрических схем. Выбор данного метода объясняется тем, что данный метод широко применяется в программах компьютерного моделирования сложных электрических цепей, а форма записи алгоритма формирования узловых уравнений по данному методу отличается его простотой.

Большим преимуществом матричной формы записи, по сравнению с другими формами, при расчете множества мгновенных схем является ее компактность, краткость и отсутствие излишней громоздкости, а также возможность учета большого количества изменяющихся во времени параметров.

В качестве исходных данных для рассматриваемой методики использовались: принципиальная схема электроснабжения участка, параметры рассматриваемого участка, СТЭ и НЭЭ, результаты тяговых расчетов, а также сведения о графиках движения поездов.

Особенностью предлагаемой методики расчета сложных электрических цепей для рассматриваемой схемы замещения является тот факт, что сопротивления ветвей, с подвижным составом, находящимся либо в режиме тяги, либо в режиме рекуперации, бесконечно велики и зависят от напряжения.

В общем случае по методу узловых напряжений для электрической цепи, состоящей из n_y узлов, необходимо составлять $n_y - 1$ узловых уравнений. Для сложной электрической цепи, имеющей $n + 1$ узел, уравнения, записанные по методу узловых напряжений в матричной форме, имеют вид

$$[G][\Phi]=[J], \quad (1)$$

где $[G]$ – квадратная матрица узловых проводимостей; $[\Phi]$ – матрица узловых потенциалов; $[J]$ – матрица узловых токов.

Система узловых уравнений для расчета совместной работы СТЭ постоянного тока и ЭПС с НЭЭ имеет вид

$$\begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{n1} & g_{n2} & \dots & g_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi_1 \\ \Phi_2 \\ \vdots \\ \Phi_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 \\ J_2 \\ \vdots \\ J_n \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Для упрощения дальнейших расчетов матрицы разбиваются на блоки в соответствии с принятым порядком нумерации элементов схемы. Тогда уравнения, записанные по методу узловых напряжений в блочной форме, имеют вид

$$\frac{ag_a a^T + bg_b b^T + dg_d d^T}{fg_b b^T} \begin{bmatrix} bg_b f^N \\ fg_b f^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi_{11} \\ \Phi_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ag_a E_a + dg_d E_d \\ gJ_c \end{bmatrix}. \quad (3)$$

После элементарных преобразований системы уравнений (3) рассчитываются потенциалы узлов с последующим определением напряжений и токов в каждой ветви схемы, а также расхода электрической энергии, с учетом потерь мощности и электрической энергии.

На основании вышеизложенных результатов можно сделать следующие выводы.

1 Разработанная методика формализации сложных электрических цепей методом узловых потенциалов на основе матрично-топологического подхода может быть использована при моделировании совместной работы СТЭ постоянного тока и ЭПС с использованием НЭЭ.

2 Данная методика также может быть использована при определении оптимальной емкости и места размещения НЭЭ в СТЭ постоянного тока с учетом квазидетерминированного графика движения и величины тока подвижного состава, находящегося как в режиме тяги, так и в режиме рекуперации.

3 Представленный алгоритм формирования узловых уравнений в матричной форме позволяет, по сравнению с другими аналогичными методами расчета, автоматизировать составление и расчет множества мгновенных схем даже при большом количестве элементов СТЭ, что в дальнейшем позволит как исключать, так и включать в расчет дополнительные элементы электроснабжения.

4 Предложенная методика представления метода узловых потенциалов позволяет в значительной степени сократить размеры матриц, подлежащих дальнейшему преобразованию, что позволяет значительно снизить затраты времени на проведение вычислений.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА ПО КРИТЕРИЮ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА

П. М. АФАНАСЬКОВ, В. В. БЕЛОГУБ, Л. В. ОГОРОДНИКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Подвижной состав Минского метрополитена состоит из вагонов моделей 81-717 (головной) и 81-714 (промежуточный), находящихся в эксплуатации более 30 лет. Вагоны указанной серии также эксплуатируются во многих городах соседних стран Киев, Харьков, Санкт-Петербург, Новосибирск, Ташкент и прочих. Учитывая их длительную эксплуатацию, выполнены работы по техническому обследованию их несущих конструкций с целью выявления характерных эксплуатационных повреждений. Установление фактического технического состояния вагонов метрополитена осуществлено методами неразрушающего контроля (визуальный и ультразвуковая толщинометрия). Измерение остаточной толщины элементов выполнено на ремонтных позициях после зачистки мест под контрольные точки. По результатам обследования металлоконструкций более 60 вагонов установлено, что коррозионный износ не превышает 10 % от номинальных значений конструктивных элементов. В тоже время, визуальный контроль несущих конструкций позволил выявить ряд конструктивных областей и элементов, для которых характерно появление трещин:

- зона крепления сцепного устройства на хребтовой балке (рисунок 1, а);
- вертикальные листы шкворневой балки по границам отверстий (рисунок 1, б);
- кронштейны крепления подвески автосцепки;
- вертикальные стенки продольных балок, за шкворневой балкой.

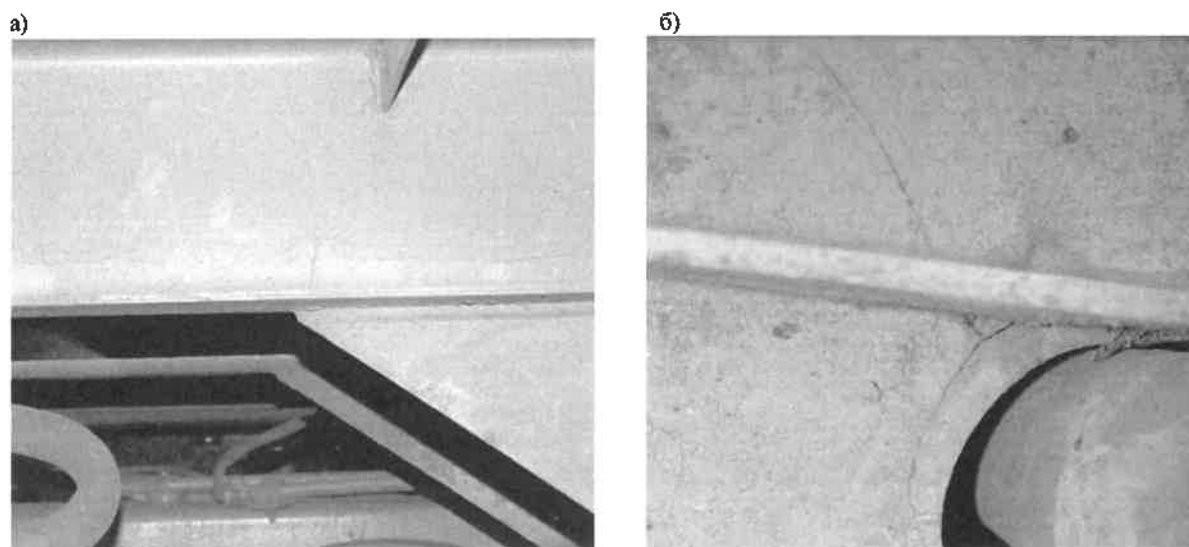


Рисунок 1 – Эксплуатационные повреждения элементов несущих конструкций вагонов:
а – трещина в хребтовой балке в районе крепления сцепного устройства;
б – трещина в вертикальном листе шкворневой балки

Полученные при ультразвуковой толщинометрии данные легли в основу разработки конечно-элементных моделей исследуемых вагонов для оценки их прочности с учетом выявленного коррозионного износа, а также дальнейшего прогноза утонения элементов. 3D-модели металлоконструкций вагонов разработаны на основе комплектов конструкторской документации. Используются два типа конечных элементов: плоские пластинчатые 3- и 4-узловые. Для повышения точности полученных результатов сетка конечных элементов строилась регулярной, тем

самым исключая появление в моделях элементов с критическими соотношениями линейных и угловых размеров конечных элементов. Таким образом, расчетная модель головного вагона представлена 192309 конечными элементами, промежуточного вагона – 192614. Несущие элементы изготовлены из Ст3 и в модели принят модуль Юнга – 210 ГПа, коэффициент Пуассона – 0,3. Кинематические граничные условия включают в себя ограничение степеней свободы в местах крепления упоров сцепного устройства и пятников. При подготовке модели учтены также места крепления подвагонного оборудования. Силовые граничные условия для оценки прочности приняты в соответствии с [1] и представляют собой системы вертикальных, боковых и продольных сил.

Результаты анализа изменения уровня напряжений в основных несущих элементах вагона приведены на рисунке 2. Графики представляют собой зависимости коэффициента запаса прочности n от степени утонения Δt элементов хребтовой и шкворневой балок.

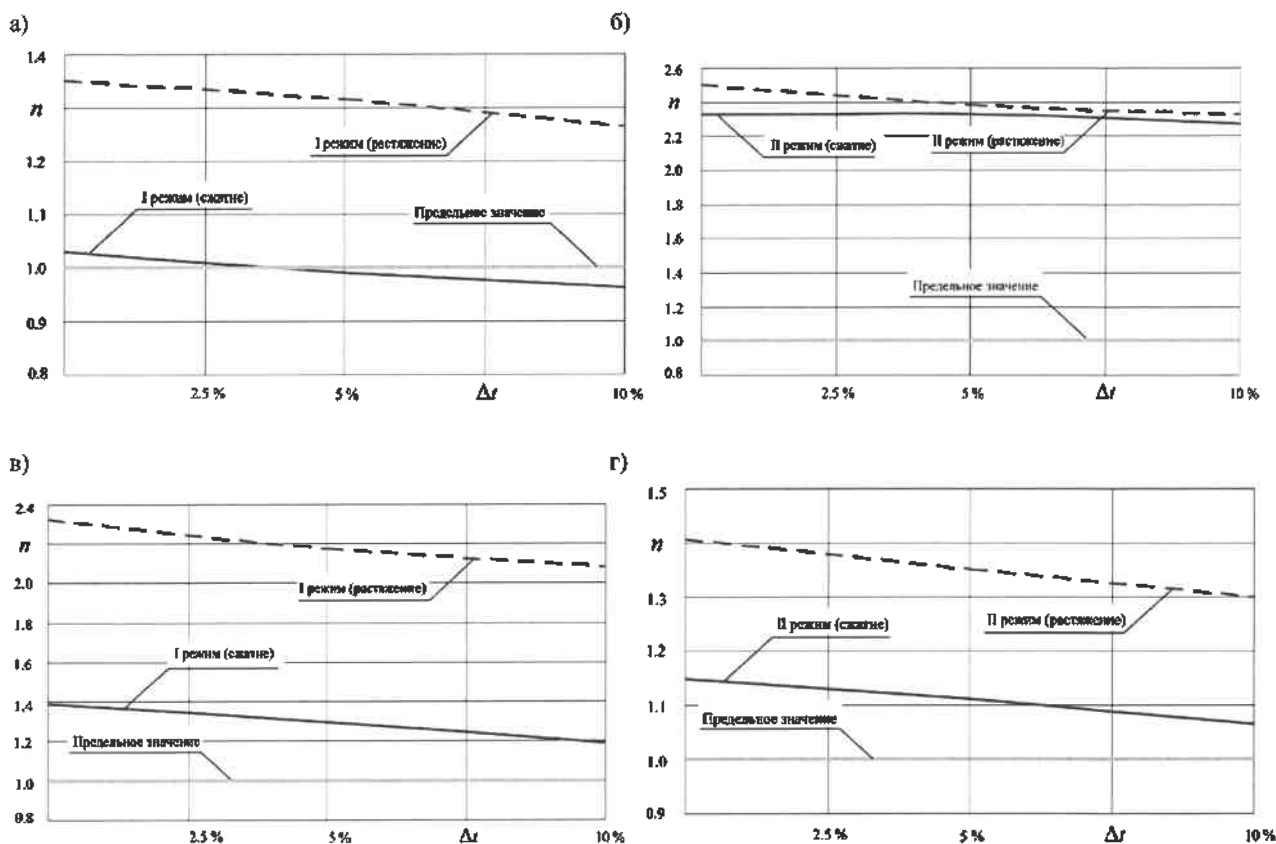


Рисунок 2 – Зависимости коэффициента запаса прочности от степени утонения:
 а – хребтовые балки (I режим); б – хребтовые балки (II режим);
 в – шкворневые балки (I режим); г – шкворневые балки (II режим)

Полученные результаты показали, что градиент изменения напряжений в различных конструктивных элементах при их утонении существенно отличается, в том числе в зависимости от схемы силового нагружения конструкции. Установлено, что расположение ряда конструктивных областей, в которых напряжения близки или несколько превышают допусковые напряжения, тесно коррелирует с областями, в которых выявлены эксплуатационные повреждения при обследовании технического состояния вагонов.

Список литературы

1 Нормы для проектирования, расчета и оценки прочности и динамики механической части вагонов метрополитена колеи 1520 мм / СТО СДС ОПЖТ. – М., 2010. – 120 с.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕЛЕЖЕК ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*П. М. АФАНАСЬКОВ, М. И. ПАСТУХОВ, А. В. ПУТЯТО, Е. Н. КОНОВАЛОВ, В. В. КОМИССАРОВ,
Н. В. БЕЛОГУБ, Л. П. ЦЕЛКОВИКОВА*

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Тележки пассажирских вагонов, эксплуатируемые в сети Белорусской железной дороги, КВЗ-ЦНИИ (ТВЗ-ЦНИИ) имеют назначенные сроки службы: 41 год для тележек постройки до 01.09.1990 и 28 лет – постройки с 01.09.1990. На сегодня в эксплуатации под пассажирскими вагонами находится большое количество тележек постройки с 01.09.1990. При этом с 01.09.2018 начал истекать их нормативный срок службы, что неизбежно приводит к исключению из инвентарного парка и закупке большого количества новых тележек.

Многолетний опыт обследования технического состояния вагонов и тележек после длительной эксплуатации сотрудниками отраслевой научно-исследовательской лаборатории «Технические и технологические оценки ресурса единиц подвижного состава» (ОНИЛ «ТТОРЕПС») показывает, что указанный в технических условиях срок службы зачастую далек от предельного; это связано как с запасом прочности, заложенным при проектировании конструкции, так и с особенностями эксплуатации.

Ходовые части подвижного состава, имеющие значительный срок службы, требуют дополнительного контроля для обеспечения безопасности движения. В связи с чем, в отличие от существующей схемы продления срока службы, крайне важно знать не только реальную картину напряженно-деформированного состояния, на основе которой выполняется оценка ресурса, но и фактические физико-механические характеристики металла.

Подход к оценке остаточного ресурса рамы и надрессорной балки тележки КВЗ-ЦНИИ (ТВЗ-ЦНИИ) включает в себя ряд исследований.

В рамках первого этапа были изучены особенности конструкции тележки и установлены номинальные толщины всех элементов. Разработаны диагностические протоколы. Сотрудниками ОНИЛ «ТТОРЕПС» проведено обследование 2294 тележек пассажирских вагонов. Выявлен ряд зон, подверженных коррозионным повреждениям в наибольшей степени. Установлены фактические значения толщин металлоконструкции рамы и надрессорной балки тележки. Разработаны трехмерные конечно-элементные модели рам и надрессорных балок, предусматривают возможность дифференцированного учета наихудших ситуаций деградации металлоконструкции, установленной по результатам обследования технического состояния. Выполнен комплекс виртуальных расчетов, с учетом деградации материала конструкции, на соответствие требованиям нормативных документов. Проведен анализ напряженно-деформированного состояния.

В рамках второго этапа было предусмотрено проведение натурных испытаний тележек при характерных режимах эксплуатации: анализ результатов натурных испытаний, выявление проблемных зон несущей конструкции и определение зон вырезки образцов для исследования химического состава и физико-механических характеристик материала; исследование химического состава и физико-механических свойств материала рам и надрессорных балок тележек, выработавших нормативный срок службы; оценка остаточного ресурса несущей конструкции тележки с учетом фактического технического состояния.

Для обеспечения выполнения второго этапа были отобраны два типовых представителя тележек с наихудшим техническим состоянием и локальным коррозионным износом, достигающим 46 % от номинального значения толщины, которые были подвергнуты контрольным испытаниям, включающим режимы нагружения, характерные специфике эксплуатации: испытания на соударения вагонов и ходовые динамико-прочностные испытания тележек.

Опытный поезд формировался из двух локомотивов и двух пассажирских вагонов с отобранными образцами тележек. Регистрация измеряемых процессов проводилась на прямых участках пути, при прохождении кривых, а также на стрелочных переводах во всём проектном диапазоне допускаемых эксплуатационных скоростей вплоть до конструкционной скорости 140 км/ч.

Результаты проведенных виртуальных расчетов и натурных испытаний демонстрируют достаточно полную картину напряженно-деформированного состояния конструкции тележек, но учитывая их длительную эксплуатацию, необходимо располагать информацией о фактических значениях физико-

механических характеристик материала, из которого изготовлены рамы и надрессорные балки. Боковые балки рамы и надрессорные балки, в процессе длительной эксплуатации, подвергались воздействию циклически изменяющейся нагрузки в большей степени, это может приводить к снижению показателей механических характеристик стали и аккумуляции дефектов в их конструкции. Опираясь на полученные результаты расчетов и испытаний, учитывая картину распределения напряжений, были установлены зоны, из которых произведена вырезка образцов металла, для исследования химического состава и физико-механических свойств металла.

Исследование химического состава, а также физико-механических характеристик материала, из которого изготовлены рамы и надрессорные балки тележек КВЗ-ЦНИИ-1 и КВЗ-ЦНИИ-М (после 28 лет эксплуатации, выполнено совместно со специалистами испытательного центра железнодорожного транспорта БелГУТа.

Сравнительный анализ химического состава исследуемого металла указывает на то, что элементы рамы и надрессорной балки тележек изготовлены из стали, химический состав которой соответствует стали углеродистой обычного качества марки СтЗсп.

Показатели механических характеристик стали элементов пассажирских тележек по исследуемым критериям (временное сопротивление σ_b , предел текучести σ_t , относительное удлинение δ и относительное сужение ψ стали при одноосном растяжении) в целом удовлетворяют требованиям ГОСТ 535, предъявляемым к стали СтЗсп.

Ударная вязкость с V-образным концентратором напряжений имеет очень малое рассеяние значений, а с U-образным концентратором – более значительное. При этом минимальные значения ударной вязкости, исследуемых образцов близки к нормируемым [1], установленным при температуре минус 20 °С.

Определение характеристик сопротивления механической усталости определяется по кривой усталости, которая представляет собой зависимость между амплитудой напряжений σ_a и количеством циклов N_b . Испытания проводились непрерывно до достижения предельного состояния образца. Критерием предельного состояния является разделение образца на две части, или до базового числа циклов, принимаемого равным 10^7 . Численное значение предела выносливости $\sigma_{-1} = 170$ МПа.

Исходными данными для определения остаточного ресурса выступили фактические механические свойства материала тележки после длительной эксплуатации и результаты экспериментальных натуральных исследований напряженно-деформированного состояния металлоконструкции тележки.

Таким образом, по результатам расчетно-экспериментальной оценки долговечности типовых представителей тележек пассажирских вагонов КВЗ-ЦНИИ-1 и КВЗ-ЦНИИ-М получено, что: коэффициент запаса сопротивления усталостной прочности рам и надрессорных балок тележек не ниже 1,95, при допускаемом значении 1,7 [2], что свидетельствует о достаточном запасе прочности у тележек для возможности их дальнейшей эксплуатации. Остаточный ресурс тележек, на основании результатов комплекса проведенных испытаний, составляет не менее 20 лет. Стоит отметить, что решение об установлении нового назначенного срока службы каждой конкретной тележке должно приниматься по результатам проведения контроля фактического технического состояния несущих элементов (рамы и надрессорной балки) с учетом всех факторов риска.

Список литературы

1 ГОСТ 535–2005. Прокал сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2007. – 12 с.

2 Нормы для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог МПС колес 1520 мм (несамоходных) / ГосНИИВНИИЖТ. – М., 1983. – 260 с.

УДК 629.4.007-597.7

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

П. М. АФАНАСЬКОВ, А. В. ПУТЯТО, Е. Н. КОНОВАЛОВ, В. В. БЕЛОГУБ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Тяговый и подвижной составы пассажирских поездов Белорусской железной дороги оснащены электропневматическим тормозом. Он обеспечивает электрическое управление пневматическими тормозами для обеспечения синхронного срабатывания всех тормозов состава. Одной из неотъем-

лемых частей данной тормозной системы являются воздушные резервуары, предназначенные для создания запаса сжатого воздуха, необходимого для торможения. Они устанавливаются на каждую единицу подвижного состава, имеющую воздухораспределитель. Согласно [1] стальные воздушные резервуары выпускаются двух типов: с расчетным давлением 0,7 и 1,0 МПа.

Обследование технического состояния партии воздушных резервуаров сотрудниками отраслевой научно-исследовательской лаборатории «Технические и технологические оценки ресурса единиц подвижного состава» Белорусского государственного университета транспорта выявило ряд характерных повреждений для воздушных резервуаров:

- уменьшения исходных толщин несущих элементов из-за общей коррозии;
- локальные коррозионные поражения в виде язв, раковин и питтингов, являющихся концентраторами напряжений и возможными источниками зарождения трещин. Это характерно для нижней образующей обечайки стальных горизонтальных воздушных резервуаров.

Предлагаемый подход к контролю технического состояния воздушных резервуаров, входящих в состав тормозных систем железнодорожного подвижного и тягового состава, заключается в выполнении комплекса технических мероприятий, направленных на выявление всех факторов, влияющих на безопасность его дальнейшей эксплуатации. В объем работ, выполняемых при контроле технического состояния воздушных резервуаров, которые изготовлены из стальных и алюминиевых сплавов, входят:

- наружный и внутренний осмотр воздушного резервуара (методами визуального контроля);
- определение остаточных толщин несущих элементов воздушного резервуара (методом ультразвуковой толщинометрии);
- обработка результатов контроля.

В задачи визуального контроля входят наружный и внутренний осмотры, позволяющие оценить степень коррозионных повреждений воздушного резервуара, определить их вид, геометрические характеристики и области локализации, а также выявить дефекты, которые могли возникнуть при монтаже и эксплуатации воздушного резервуара, и зоны, подлежащие углубленному контролю.

Осмотру подлежат все сварные соединения и основной металл воздушного резервуара в целях выявления в нем следующих дефектов:

- трещин, изломов, вмятин, выпучиваний и скручивания в элементах металлоконструкции;
- уменьшения номинальных толщин несущих элементов из-за общей коррозии;
- локальных коррозионных поражений в виде язв, раковин и питтингов.

Определен ряд зон, в которых возможно появление дефектов:

- зоны концентрации напряжений (места крепления штуцеров);
- сварные швы приварки днищ, и прежде всего места пересечений сварных швов;
- нижняя образующая обечайки воздушных резервуаров, которая наиболее подвержена общей коррозии из-за скопления конденсата (для стальных воздушных резервуаров).
- зоны поясов крепления алюминиевых резервуаров, на предмет возникновения электрохимической коррозии вследствие нарушения целостности изоляции между крепежными поясами и воздушным резервуаром.

Осмотр внутренней поверхности предлагается проводить с использованием эндоскопа. При обнаружении внутренних коррозионных повреждений оценивается локализация этих повреждений для проведения ультразвуковой толщинометрии данной зоны в увеличенном объеме.

Измерение толщин основных несущих элементов воздушных резервуаров должно производиться независимо от того, обнаружен или не обнаружен дефект этих элементов визуально. Перед измерением толщин необходимо провести подготовку поверхности контроля, для чего необходимо очистить поверхность контроля от отслаивающейся окалины, защитных покрытий и продуктов коррозии. Поверхность в зонах контроля должна быть зачищена до шероховатости не хуже $Rz = 40$ мкм.

За фактическую толщину сечения измеряемых элементов воздушного резервуара принимают минимальное значение из устойчивых показаний индикатора толщиномера, полученных в одной точке (не менее трех измерений). За номинальную толщину элемента стального воздушного резервуара принимают паспортное значение для резервуаров данного типа. За номинальную толщину элемента алюминиевого воздушного резервуара принимают паспортное значение для резервуара данного типа или, при отсутствии такового, значение толщины элемента, измеренное при помощи ультразвуковой толщинометрии, в области, не подверженной коррозионному или механическому повреждению.

Схема контрольных точек для измерения толщин стального воздушного резервуара представлена на рисунке 1.

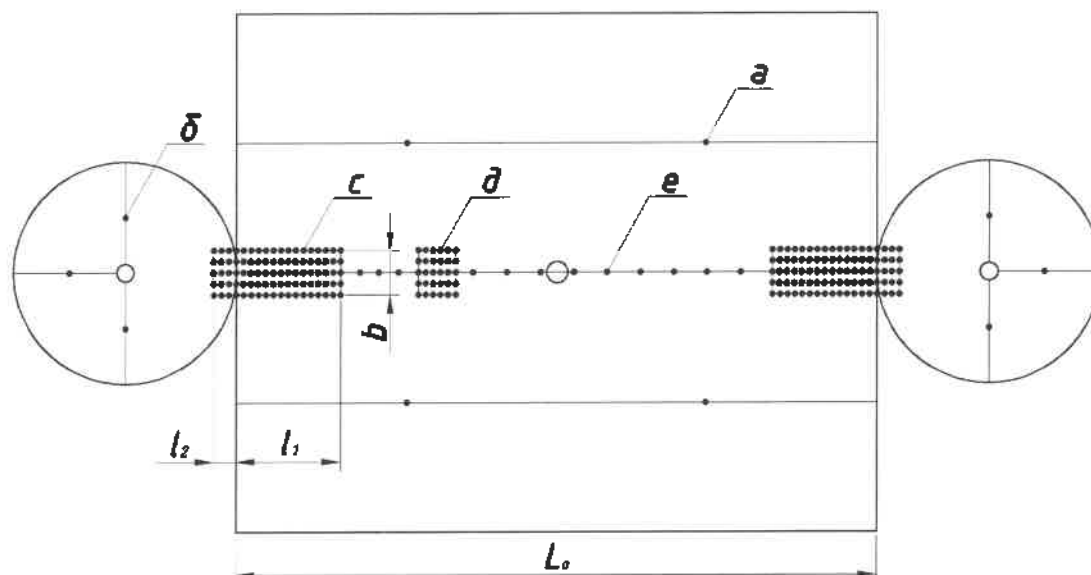


Рисунок 1 – Схема контрольных точек

Толщинометрия выполняется с наружной поверхности сосуда. Измерения проводятся по трем образующим обечайки (рисунок 1, зона а), по радиусам днища через 90° (рисунок 1, зона б). Для стальных горизонтальных воздушных резервуаров основные измерения должны выполняться в зоне нижней образующей обечайки. Контролируемая зона (рисунок 1, зона с), по краям воздушного резервуара l_1 , должна составлять не менее $1/6 L_0$, ширина зоны контроля b должна быть не менее 50 мм. Толщинометрия на данном участке должна проводиться сеткой с шагом не более 10 мм. Зона контроля на днище l_2 , должна рассчитываться по формуле

$$l_2 = l + \frac{r}{2}. \quad (1)$$

Значения величин l и r приведены в [1, таблица 1].

Остальные измерения выполняются вдоль нижней образующей обечайки, с шагом не более 20 мм (рисунок 1, зона е).

Если при внешнем или внутреннем осмотре будут выявлены дефектные зоны (области интенсивной общей коррозии), то необходимо провести дополнительные измерения толщин в дефектных зонах; число точек измерений зависит от размеров дефектной зоны и должно быть достаточным для получения достоверной информации о толщине стенки в дефектной зоне, толщинометрия должна проводиться сеткой с шагом не более 3 мм (рисунок 1, зона д).

Глубину местных коррозионных повреждений (на алюминиевых резервуарах) определяют путем непосредственного измерения индикатором – глубиномером. Допустимая глубина местных коррозионных повреждений не должна превышать 10 % от номинального значения толщины.

Остаточный ресурс безопасной эксплуатации воздушного резервуара зависит от его технического состояния, скорости коррозии и продолжительности эксплуатации. При вынесении заключения о возможности дальнейшей эксплуатации стального воздушного резервуара необходимо соблюдение условия

$$S = s_f - ks_i - U \geq [s], \quad (2)$$

где s_f – минимальное фактическое значение толщины элемента, по результатам ультразвуковой толщинометрии, мм; k – расчетный срок эксплуатации резервуара, в годах; c_i – расчетная скорость коррозии металла воздушного резервуара 0,05 мм/год; U – расширенная неопределенность измерения, мм; $[s]$ – минимально допустимое значение толщины элемента из таблицы 1, мм.

Показателем точности измерения толщины стенки является неопределенность измерений. Расширенную неопределенность измерения (U) для уровня доверия 95 % определяют по формуле

$$U = k u_c(H), \quad (3)$$

где k – коэффициент охвата; $u_c(H)$ – суммарная стандартная неопределенность.

При проведении измерений ультразвуковым толщиномером обеспеченная расширенная неопределенность измерения толщины в диапазоне от 0,5 до 10 мм в предположении, что шероховатость поверхности противоположной стороне ввода ультразвуковой волны $Rz-320$ мкм, составляет не более $\pm 0,2$ мм. Оценка расширенной неопределенности проведена в предположении нормального распределения при коэффициенте охвата $k = 2,0$ для уровня доверия $P = 95 \%$.

Таблица 1 – Минимально допустимые значения толщин элементов стальных резервуаров, рассчитанные по [2] с учетом деградации материала

Номинальное значение толщины	Минимально допустимое значение толщины
2,5	1,7
3,0	2,2
3,9	3,0
4,0	3,1
5,0	4,0
6,0	4,9
8,0	6,7

В миллиметрах

При вынесении заключения о возможности дальнейшей эксплуатации алюминиевого воздушно-го резервуара необходимо соблюдение условия

$$s_f + p_i \leq 0,1 s_n, \quad (4)$$

где s_f – глубина местного коррозионного повреждения, мм; p_i – погрешность измерения глубиномера, мм; s_n – номинальное значение толщины элемента, мм.

Список литературы

- 1 ГОСТ 1561–75. Резервуары воздушные для автотормозов вагонов железных дорог. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 8 с.
- 2 ГОСТ 14249–89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 56 с.

УДК 629.424.004

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДОВ ДДБ1 ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

П. М. АФАНАСЬКОВ, Р. И. ЧЕРНИН, И. А. ТИТОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В 1998 года ОАО «Демиковский машиностроительный завод» выпустил десять составов дизель-поезда на базе тепловозной тяги ДДБ1. Составы были выпущены по заказу Белорусской железной дороги и состояли из десяти промежуточных вагонов и двух тепловозных секций. Промежуточные вагоны модели 63-322 имеют высокую степень унификации с вагонами электропоездов семейства ЭД2Т/ЭД4. Тяговыми единицами изначально являлись 2 секции доработанного тепловоза 2М62У устанавливаемых по концам состава.

В связи с избыточностью количества вагонов на используемых маршрутах в 2005 году было решено каждый из десятивагонных поездов ДДБ1 разделить на две части, дополнив их головными вагонами по аналогии с дизель-поездами ДРБ1. У Рижского вагоностроительного завода были закуплены прицепные головные вагоны модели 63-550, вследствие чего были вновь сформированы поезда, состоящие из шести пассажирских вагонов и одной тепловозной секции. В периоды спада пассажиропотока (зимнее время) число пассажирских вагонов могло сокращаться до трёх. При эксплуатации допускается сокращение числа вагонов вплоть до одного с формированием по схемам тяговая секция – прицепной головной вагон или тяговая секция-прицепных промежуточных вагонов-тяговая секция.

Для упорядочения, повышения эффективности и качества процесса ремонта дизель-поездов ДДБ1 в условиях локомотивных депо Белорусской железной дороги возникла необходимость в раз-

работке методики технического контроля данных составов при выполнении текущих ТР-3 и капитальных КР-1, КР-2 ремонтов. Для разработки методики необходимо располагать картиной распределения напряжений в кузовах вагонов дизель-поезда.

Кузова головного и промежуточного вагонов дизель-поезда ДДБ1 имеют цельнонесущую конструкцию в виде замкнутой подкрепленной тонколистовой оболочки с вырезами. Оболочка выполнена из набора продольных и поперечных элементов жесткости, связанных обшивкой, поэтому расчетная схема кузова принималась в виде пластинчатой пространственной системы. Конечно-элементные модели головного и промежуточного вагонов представлены на рисунке 1.

Модель кузовов (рисунок 1) позволяют учитывать возможности приложения любого сочетания и вида эксплуатационных нагрузок. Они с достаточной точностью аппроксимирует металлоконструкцию кузовов и разработаны на основе конструкторской документации. Кинематические граничные условия включают в себя ограничение степеней свободы в местах крепления упоров автоцепного устройства, пятников и скользунов.

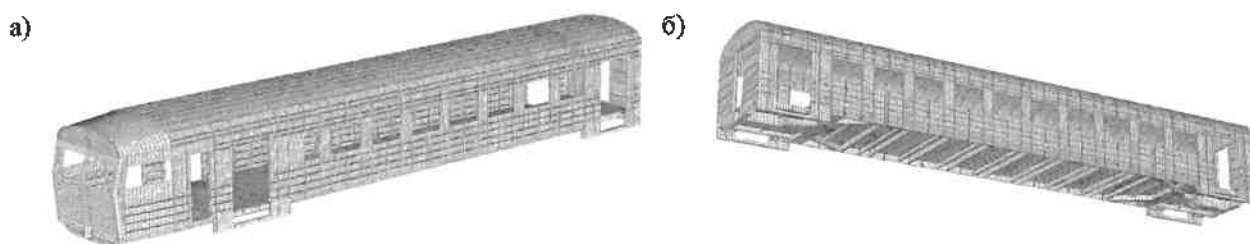


Рисунок 1 – Конечно-элементная модель кузова вагона дизель-поезда ДДБ1:
а – головной вагон; б – промежуточный вагон

Для оценки прочности кузовов вагонов дизель-поезда ДДБ1 по допускаемым напряжениям по отношению к пределу текучести материала нормативной документацией [1] установлено три (I, II и IV) расчетных режима с силами, действующими статически, и один расчетный режим (III), учитывающий действие статических и динамических сил, оценка прочности по которому выполняется как по допускаемым напряжениям, так и на сопротивление усталости.

Режим I включает в себя режим Ia – учитывает действие максимальных продольных квазистатических сил и Ib – учитывает действие максимальных продольных ударных сил. Расчетный режим IIa учитывает силы, действующие при движении в кривых участках пути с максимальным разрешенным непогашенным ускорением. Режим III учитывает силы, действующие при движении с различными скоростями вплоть до конструкционной по прямому участку пути. Расчетный режим IV учитывает силы, обусловленные технологией ремонта и производством аварийно-восстановительных работ, включает режимы IVa (подъем кузова на трех домкратах) и IVб (подъем вагона за узел сцепного устройства).

Поля распределения эквивалентных напряжений в кузовах вагонов дизель-поезда ДДБ1 при расчетных режимах Ia и IVa представлены на рисунке 2.

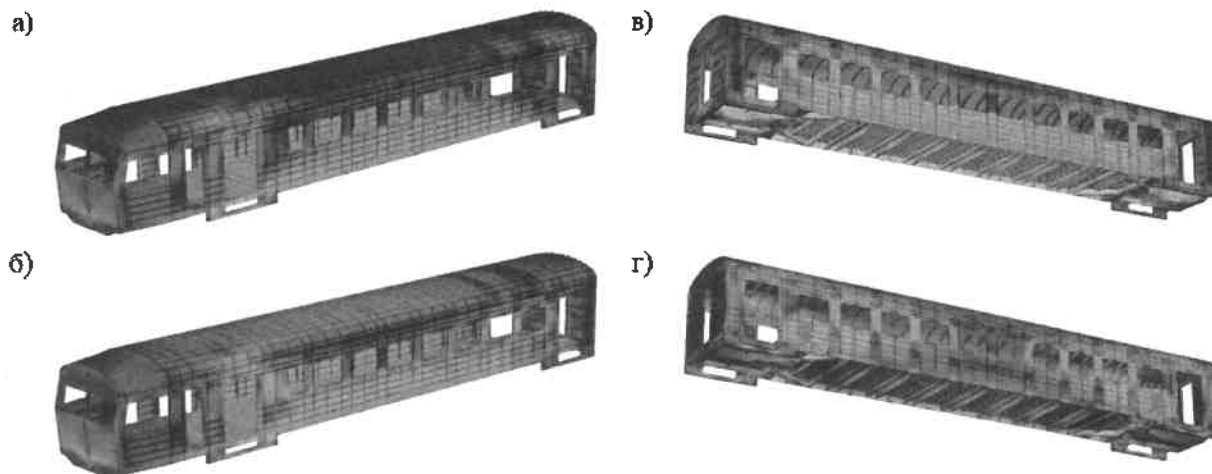


Рисунок 2 – Распределение напряжений в кузове вагона дизель-поезда ДДБ1:
а – головной вагон, расчетный режим Ia (сжатие); б – головной вагон, расчетный режим IVa;
в – промежуточный вагон, расчетный режим Ia (сжатие); г – промежуточный вагон, расчетный режим IVa

В результате проведенных расчетов на прочность кузовов вагонов дизель-поезда ДДБ 1, с учетом их реального физического состояния, установлено, что прочность при всех расчетных режимах удовлетворяет требованиям [1]. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения максимальных напряжений, возникающих в несущей конструкции кузова

В миллиметрах

Объект	Режим						
	Ia (-)	Ia (+)	Iб	IIa	III	IVa	IVб
Кузов промежуточного вагона	185,9 (70 % от доп.)	169,9 (64 % от доп.)	209,7 (79 % от доп.)	104,4 (59 % от доп.)	104,4 (59 % от доп.)	42,5 (16 % от доп.)	61,1 (23 % от доп.)
Кузов головного вагона	199,1 (75 % от доп.)	196,5 (74 % от доп.)	220,4 (83 % от доп.)	104,4 (59 % от доп.)	104,4 (59 % от доп.)	45,1 (17 % от доп.)	74,3 (28 % от доп.)

Проведенные расчеты позволили установить ответственные зоны, где необходимо выполнять контроль толщины основного металла при проведении плановых видов ремонта, а также разработать диагностические карты для фиксации полученных результатов.

Список литературы

1 ГОСТ 33796–2016. Моторвагонный подвижной состав. Требования к прочности и динамическим качествам. – М.: Стандартинформ, 2017. – 40 с.

УДК 621.891

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ЗВЕНЬЕВОГО ПУТЕУКЛАДЧИКА

М. В. АНИКЕЕВА, В. И. ВРУБЛЕВСКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В Республике Беларусь железнодорожный транспорт обеспечивает свыше 60 % общего объема грузооборота страны и 30 % пассажирооборота. Поэтому безопасность и надежность подвижного состава зависит от исправности путей [1].

При капитальном ремонте пути и строительстве железных дорог используют комплект машин и оборудования для транспортировки и укладки путевых звеньев (звеньевой путеукладчик). Роликовый транспортер звеньевой путеукладчика эксплуатируется на открытом воздухе, в условиях абразивно-агрессивных сред и при действии больших динамических нагрузок.

В течение всего периода эксплуатации узлы трения роликового транспортера выходят из строя по причине заклинивания шарикоподшипников и вследствие чего происходит поломка роликов. Замена шарикоподшипников на подшипники скольжения самосмазывающиеся торцово-прессового деформирования позволила повысить надежность и долговечность узла трения в 2–4 раза [2–4].

Повышение износостойкости узла трения роликоопоры возможно при замене материала и вида термообработки внутреннего кольца ПСС ТПД [5].

Проведены испытания пар трения «сталь – частичный вкладыш» на машине трения 2070 СМТ-1 при скорости скольжения $v = 0,25$ м/с и давлениях $p = 1 \dots 10$ МПа без абразива и с его наличием [6].

Стальные ролики были выполнены из марок 45, 45Х, которые подвергались объемной закалке и низкому отпуску. Стальные ролики из марки 18ХГТ обрабатывались цементацией, объемной закалкой и низким отпуском. В качестве агрессивной среды использовался песок.

Для определения износа вкладышей ТПД, испытываемых со стальными роликами, применяли аналитические весы ВЛТ-200.

Установлено, что при работе пар трения «частичный вкладыш – ролик из стали 45», «частичный вкладыш – ролик из стали 45Х», «частичный вкладыш – ролик из стали 18ХГТ» без абразива массовый износ вкладышей меньше, чем при их эксплуатации в среде абразива. Однако наилучшими триботехническими характеристиками в вышеуказанных условиях обладает пара трения «частич-

ный вкладыш – ролик из стали 18ХГТ». Таким образом, замена материала 45, 45Х внутреннего кольца подшипника скольжения на сталь 18ХГТ позволяет снизить износ на 25 %, обеспечивая износостойкость узла трения (рисунок 1).

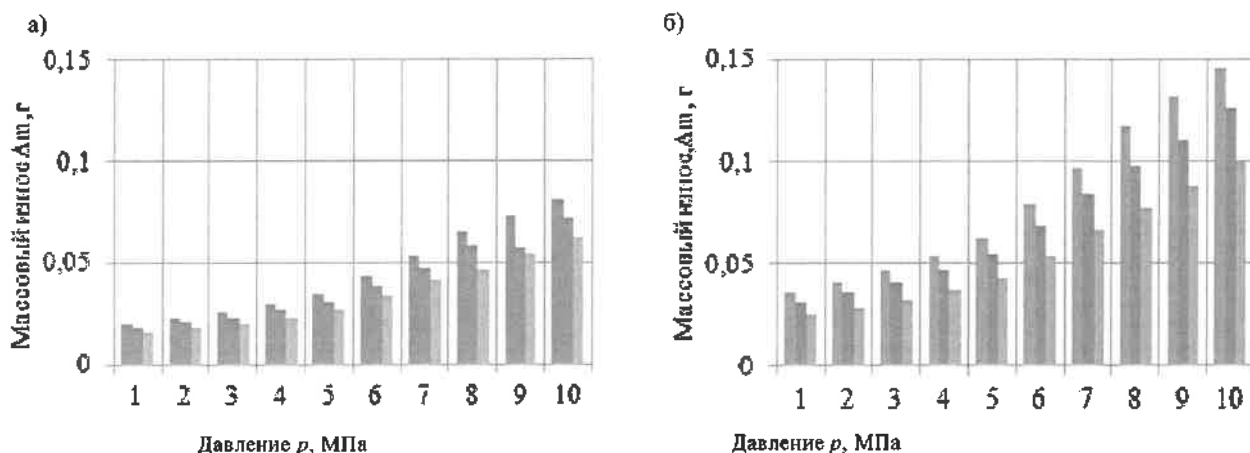


Рисунок 1 – Массовый износ вкладышей, испытываемых при различных материалах контртела и давлениях $p = 1 \dots 10$ МПа (скорость скольжения $v = 0,25$ м/с):
а – без абразива; б – с абразивом

Испытывалась температура фрикционного разогрева частичных вкладышей при работе с роликами из различных марок контртела, заданных режимах нагружения, в среде абразива и без него.

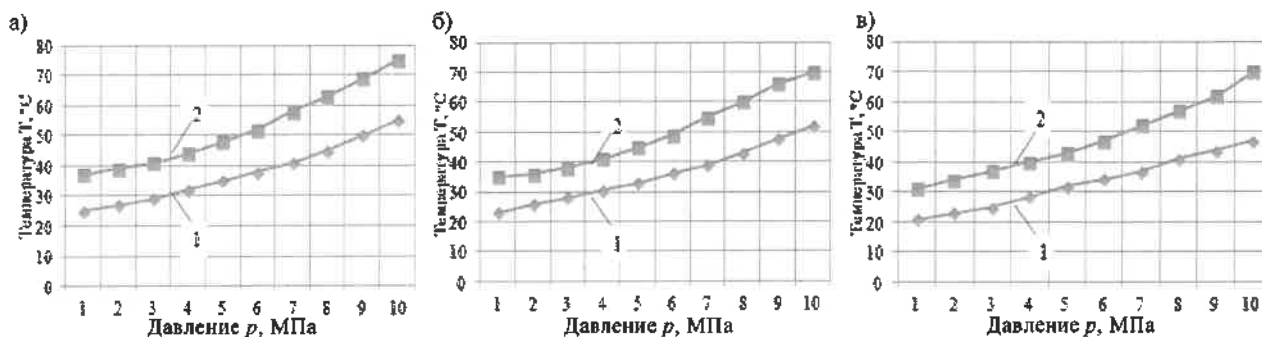


Рисунок 2 – Температура в контактной зоне вкладышей, испытываемых при различных материалах контртела и давлениях $p = 1 \dots 10$ МПа (скорость скольжения $v = 0,25$ м/с):
1 – с абразивом; 2 – без абразива
а – сталь 45; б – сталь 45Х; в – сталь 18ХГТ

Разница температуры в зоне контакта для пары трения «частичный вкладыш – контртело из стали 45» при давлениях $p = 1 \dots 10$ МПа и скорости скольжения $v = 0,25$ м/с без абразива и при его наличии $T = 14 \dots 20$ °С. Изменение температуры фрикционного разогрева пары трения «частичный вкладыш – контртело из стали 45Х» в среде абразива и без него установилось в диапазоне $T = 12 \dots 18$ °С. Для пары трения «частичный вкладыш – контртело из стали 18ХГТ» выявлено то, что при отсутствии абразива и его наличии изменение температуры $T = 10 \dots 13$ °С.

Как видно из графиков, наличие абразива увеличивает не только массовый износ частичных вкладышей, но и повышает температуру в зоне трения на 10–20 %.

В результате испытаний установлено, что подшипник скольжения самосмазывающийся торцово-прессового деформирования с внутренним кольцом из стали 18ХГТ обладает хорошими триботехническими характеристиками и позволит повысить износостойкость узла трения роликового транспортера звеньевое путеукладчика.

Список литературы

- 1 Железнодорожный транспорт Беларуси [Электронный ресурс] / Беларусь. Факты. – Режим доступа : belarusfacts.by/ru/Belarus/economy_business/key_economic/transport_and_communications/rw/. – Дата доступа : 19.09.2019.
- 2 Врублевская, В. И. Износостойкие самосмазывающиеся антифрикционные материалы и узлы трения из них / В. И. Врублевская, А. Б. Невзорова, В. Б. Врублевский. – Гомель : БелГУТ, 2000. – 324 с.

3 Производственные испытания подшипников скольжения на основе древесины в узлах трения роликовых транспортеров звеньев путеукладчика / В. Л. Моисеенко [и др.] // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2001. – № 1. – С. 32–35.

4 Врублевская, В. И. Подшипники скольжения для работы в абразивно-агрессивных средах. Исследования, создание, внедрение / В. И. Врублевская, В. К. Кузнецова, М. В. Аникеева. – Beau Bassin: OmniScriptum Publishing Group, 2018. – 336 с.

5 Аникеева, М. В. Повышение работоспособности узлов трения роликового транспортера звеньев путеукладчика / М. В. Аникеева, В. И. Врублевская // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году науки : в 2 ч. Ч. 1 / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 259 с.

6 Богданович, П. Н. Трение и износ в машинах : учеб. для вузов / П. Н. Богданович. – Минск : Выш. шк., 1999. – 374 с.

УДК 629.4.01

К ВОПРОСУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДИНАМИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ НЕОБРЕССОРЕННЫХ ЧАСТЕЙ ДВУХОСНОЙ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА

А. В. БЕЛЯНКИН, А. И. КОНОВАЛОВ, Д. А. СЕРГЕЕВ, Д. Е. КУМПИЯК

ООО «Тихвинский испытательный центр железнодорожной техники», Российская Федерация

Определение коэффициента динамической добавки необрессоренных частей на подвижном составе имеет важный практический смысл. Помимо того, что данный коэффициент нормируется и проверяется при испытаниях единицы подвижного состава, он также используется при расчёте коэффициентов запаса устойчивости от схода с рельсов и устойчивости от опрокидывания, что непосредственно относится к вопросам безопасности при движении вагонов.

Суть измерения коэффициента динамической добавки заключается в том, чтобы измерить, какую часть в долях от статической вертикальной нагрузки вносит в общую вертикальную нагрузку динамическая вертикальная нагрузка при движении единицы подвижного состава по железнодорожным путям. Следовательно, очень важно, чтобы схема измерения коэффициента динамической добавки измеряла действие только вертикальных сил и никаких других.

При движении вагона, помимо вертикальной силы, в буксовом проёме возникают боковая (рамная) сила и продольная. В исследованиях мы рассматривали эти три силы.

Требования к величине коэффициента динамической добавки необрессоренных частей установлены ГОСТ 33211, а схемы установки и соединения тензорезисторов для определения коэффициента динамики на боковой раме двухосной тележки грузового вагона приведены в ГОСТ 33788.

Данная схема измерения состоит из двух тензорезисторов, установленных в буксовом проёме рамы боковой на радиусной поверхности. Тензорезисторы собираются в схему, которая суммирует сигналы от этих тензорезисторов.

Результаты моделирования и стендовых статических исследований показывают следующее: при измерении схемой по ГОСТ 33788 деформации от боковых (рамных) сил приблизительно равны по модулю и разные по знаку, поэтому суммарный сигнал приблизительно равен 0. Однако суммарный сигнал от продольных сил, возникающих в буксовом проёме, имеет достаточную величину, сопоставимую с суммарным сигналом от действия вертикальных сил.

Следовательно, можно сделать вывод, что в движении единицы подвижного состава по железнодорожным путям при величинах продольных сил, соизмеримых с величинами вертикальных сил, погрешность измерения коэффициента динамической добавки от вертикальных нагрузок имеет внушительный характер.

Статический анализ в среде SolidWorks показал, что деформации от действия продольных сил изменяются от края рамы боковой к середине и в определённом месте, находящемся на некотором расстоянии от середины, меняют знак, то есть в этом месте они равны 0. Соответственно, мы предположили, что тензорезисторы необходимо устанавливать в этом сечении, так как их сигналы (деформации) от действия продольных сил будут приближены к 0.

Стендовые исследования с приложениями всех трёх сил к раме боковой и измерениями деформаций на верхней поверхности показали, что сечение с нулевыми деформациями от действия продольной силы действительно существует.

В этом сечении деформации от действия боковой (рамной) силы можно также исключить за счёт наклейки тензорезисторов с разных краёв в местах, где деформации одинаковые по величине и разные по знаку.

Также статические исследования показали, что «чувствительность» схемы, наклеенной в этом сечении, к вертикальным нагрузкам значительно больше, чем у схемы, приведённой в ГОСТ 33788.

Была проведена апробация наклеенных схем измерения на ходовых динамических испытаниях вагона. Также был проведён анализ данных, полученных при апробации.

Таким образом, в результате исследований разработан метод практического определения мест наклейки тензорезисторов для измерения коэффициента динамической добавки необресоренных частей двухосной тележки грузового вагона, нечувствительных к действию продольных и боковых (рамных) сил.

Список литературы

- 1 ГОСТ 33211–2014 Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – М. : Стандартинформ, 2016.
- 2 ГОСТ 33788–2016 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества. – М. : Стандартинформ, 2016.
- 3 Анисимов, П. С. Испытания вагонов : [монография] / П. С. Анисимов. – М. : Маршрут, 2004. – 197 с.
- 4 Вериго, М. Ф. Динамика вагонов. Конспект лекций / М. Ф. Вериго. – М. : Типография ВЗИИТа, 1971. – 173 с.

УДК 621.891:629.4.077–592.59

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ РЫЧАЖНОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ НАПЛАВКОЙ

П. Н. БОГДАНОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

М. Н. ДАЛИДОВСКАЯ

Локомотивное депо Барановичи Белорусской железной дороги

Одним из основных факторов, влияющих на безопасность движения подвижного состава, является износ сопрягаемых элементов рычажной тормозной системы вагонов. Замена изношенных элементов новыми оказалась экономически нецелесообразной, поэтому осуществляется их восстановление наплавкой [1]. К настоящему времени разработан ряд наплавочных материалов, однако их фрикционные характеристики слабо изучены, что затрудняет выбор рационального сочетания этих материалов в указанных трибосопряжениях. В этой связи представляют интерес исследования влияния режимов нагружения на трение и изнашивание наиболее часто применяемых наплавочных материалов в условиях, близких к эксплуатационным.

Триботехнические испытания наплавочных материалов проводились на машине трения СМТ-1 по схеме «вращающийся ролик – неподвижный частичный вкладыш», позволяющей достаточно полно моделировать работу узлов трения рычажной тормозной системы. Стальной ролик представлял собой цилиндр наружным диаметром 34 мм и высотой 9 мм, а вкладыш – сегмент, вырезанный из кольца высотой 9 мм, внутренним диаметром 46 мм и наружным – 60 мм. На наружной цилиндрической поверхности ролика и внутренней поверхности вкладыша формировался слой наплавочного материала (сварочная проволока Св-08Г2С-О, электроды Виршилд Мi(e), Ластек 27, Булат-1) толщиной 3 мм. Площадь фрикционного контакта сопряжения «ролик – частичный вкладыш» составляла $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Испытания проводились при скорости скольжения $v = 0,25 \text{ м/с}$ и разовой смазке рабочих поверхностей пластичным смазочным материалом марки Солидол Ж. Контактное давление p изменялось в интервале 6–45 МПа. Твердость наплавочных материалов определялись на твердомере ТК-2М, а потеря массы образцов в результате изнашивания – на весах ВЛТ-1.

Установлено, что увеличение контактного давления сопровождается монотонным ростом линейной интенсивности изнашивания $I_{\text{л}}$ всех исследуемых наплавочных материалов (рисунок 1, а). Это обусловлено влиянием ряда факторов. Основным из них является то, что увеличение p приводит к уменьшению толщины граничного слоя смазочного материала и повышению числа и размеров пятен фактического контакта выступов поверхностей трения сопрягаемых деталей. При этом возрастает вероятность вступления в контакт непосредственно металлов и образования мостиков сварки,

что является причиной возникновения адгезионного изнашивания деталей. Увеличивается также глубина внедрения выступов наклепанного материала контртела в изнашиваемый материал и контактные деформации поверхностного слоя металла, что приводит к его более интенсивному абразивному и усталостному изнашиванию, соответственно [2].

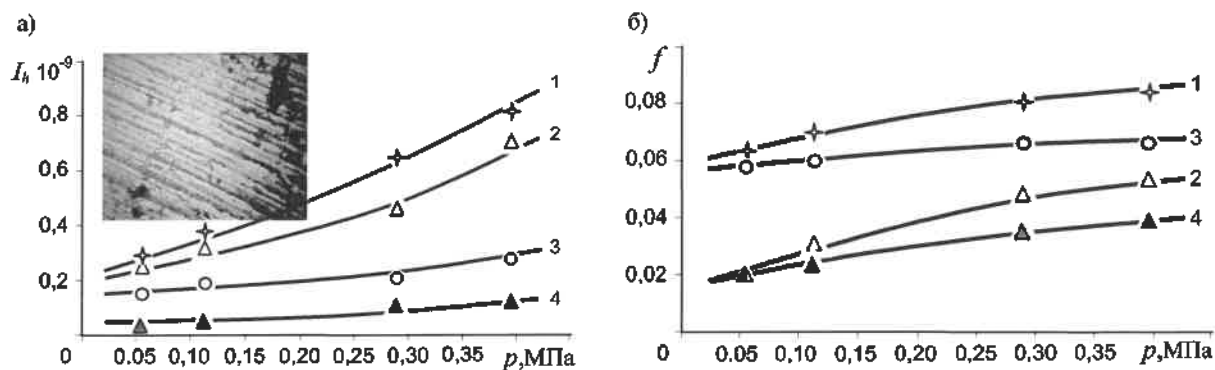


Рисунок 1 – Влияние контактного давления на линейную интенсивность изнашивания (а) и коэффициент трения (б) наплавочных материалов по Виршилд Мi(е): 1 – Св-08Г2С-О; 2 – Ластек 27; 3 – Виршилд Мi(е); 4 – Булат-1

Более интенсивный рост I_h в области высоких значений p связан с повышением температуры на локальных участках контакта, приводящим к снижению механических характеристик тонкого поверхностного слоя изнашиваемого материала [3, 4]. В итоге это сопровождается увеличением числа и площади пятен фактического касания и глубины внедрения выступов контртела, а также ростом адгезионного взаимодействия сопрягаемых металлов. Тот факт, что наплавочные материалы подвергаются абразивному, усталостному и адгезионному видам изнашивания, подтверждается наличием на изношенных поверхностях полос скольжения усталостных микротрещин, перпендикулярных вектору скорости скольжения, и следов адгезионного разрушения материала – углублений, форма которых напоминает полусферу (см. рисунок 1, а).

Снижение толщины граничного слоя, увеличение площади фактического контакта деталей и глубины внедрения выступов поверхностей сопрягаемых деталей являются причиной возрастания коэффициента трения при увеличении контактного давления (см. рисунок 1, б), способствующего повышению линейной интенсивности изнашивания.

Представленные на рисунке 1, а кривые зависимости $I_h(p)$ свидетельствуют о том, что наименьшей износостойкостью обладает образец, восстановленный сварочной проволокой Св-08Г2С-О. Причина в том, что твердость данного материала (130–140 НВ) мала по сравнению с твердостью контртела – Виршилд Мi(е), которая соответствует 570 НВ. Вследствие этого достигаются большие площадь фактического контакта и глубина внедрения выступов контртела, что обеспечивает сравнительно высокие для смазываемого узла значения коэффициента трения по Виршилд Мi(е), приближающиеся к 0,08 (кривая 1 на рисунке 1, б), и приводит к интенсивному абразивному изнашиванию и росту контактных деформаций.

Наиболее износостойким из исследуемых металлов (кривая 4 на рисунке 1, а) оказался наплавочный материал Булат-1, обладающий высокой твердостью (600 НВ). Одна из основных причин в том, что Булат-1 содержит наибольшее из исследуемых материалов количество марганца – 2,7–2,8 мас. %, являющегося основным аустенитообразующим элементом. При трении материал вершин выступов испытывает многократные пластические деформации, в результате чего марганцевый аустенит подвергается существенному деформационному упрочнению. Такого рода наклеп в процессе трения значительно повышает сопротивление металла усталостному и абразивному изнашиванию.

Сравнительно низким сопротивлением изнашиванию обладают материалы Виршилд Мi(е) и Ластек 27, содержащие только около 0,4 мас. % марганца (кривые 2 и 3 на рисунке 1, а). Неожиданно низкой оказалась износостойкость слоя, наплавленного электродом Ластек 27, в состав которого входит 9,8 мас. % хрома (кривая 2 на рисунке 1, а). Так, известно, что хром образует износостойкие карбиды, которые повышают в целом сопротивление сталей абразивному изнашиванию. Более низкая износостойкость Ластека 27 (в 1,5–2,5 раза ниже, чем материала Виршилд Мi(е)), по-видимому, может быть связана с высокой хрупкостью карбидов хрома. Возможно, при фрикционном взаимо-

действии с высокотвердым материалом контртела карбиды хрома легко хрупко разрушаются с образованием микротрещин усталости, что в целом существенно снижает сопротивление наплавленного слоя изнашиванию.

Таким образом, установлено, что при восстановлении изношенных элементов рычажной тормозной системы грузовых вагонов целесообразно осуществлять наплавку электродами Булат-1, что позволит обеспечить высокую долговечность узла трения при обедненной разовой смазке. Повышение контактной нагрузки сопровождается ростом коэффициента трения и интенсивности изнашивания наплавочных материалов. Восстановленные наплавкой элементы тормозной системы подвергаются абразивному, усталостному и адгезионному видам изнашивания.

Список литературы

- 1 Рябцев, И. А. Наплавка деталей машин и механизмов / И. А. Рябцев. – М. : Машиностроение, 2004. – 160 с.
- 2 Богданович, П. Н. Трение, смазка и износ в машинах / П. Н. Богданович, В. Я. Прушак, С. П. Богданович. – Минск : Техналогія, 2011. – 528 с.
- 3 Богданович, П. Н. Тепловые процессы в зоне контакта трущихся тел / П. Н. Богданович, В. М. Белов, П. В. Сысоев // Трение и износ. – 1992. – Т. 13. № 4. – С. 624–632.
- 4 Bogdanovich, P. N. Polymer Fatigue / P. N. Bogdanovich, D. V. Tkachuk // Encyclopedia of Tribology, 2013. – P. 2578–2585.

УДК 629.4

ИСПЫТАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА. ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ

К. Р. БОЙКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Испытание и исследование работы энергетических систем, в том числе тягового привода является одной из сложных задач при работе с тяговым подвижным составом. Данная задача многократно усложняется при работе с моторвагонным подвижным составом.

В энергетических исследованиях необходимо одновременно получать массив данных с различных видов первичных преобразователей, таких как акселерометры; преобразователи тока и напряжения; датчики скорости, крутящего момента, температуры, силы и другие. Следует уточнить, что тип и количество необходимых датчиков зависит от поставленной задачи и может быть от нескольких десятков до нескольких сотен. Количество необходимых датчиков в первую очередь определяется конкретной целью, поставленной заказчиком.

В основном, целью испытательных лабораторий и центров является проведение испытаний для подтверждения соответствия энергетической установки или тягового привода совместно системами управления и контроля требованиям безопасности посредством применения стандартизированной методики. Такими испытаниями являются: измерение температуры нагрева элементов; проверка работы оборудования в номинальных и граничных условиях; проверка восстановления работоспособности после аварийных режимов; проверка величин ускорения и замедления и др.

При проведении научно-исследовательских работ массив измеряемых величин и данных значительно возрастает, что связано с необходимостью сопоставления полного объема данных и получения двумерных, а зачастую и многомерных зависимостей. Например, нельзя говорить о работе тягового привода только по зависимости силы тяги от скорости движения (тяговой характеристики локомотива), необходимо учитывать режимы движения, протекающие токи, величину и качество напряжения, температуру элементов привода и другие факторы.

Если точно выполнять требования стандартов в области метрологии, стандартизации и единства измерений, такая многофакторная задача является почти не выполнимой из-за грандиозных материальных затрат. По требованиям упомянутых стандартов каждый первичный датчик должен быть откалиброван, измерительные системы тоже должны иметь свидетельства о калибровке или как минимум поверке. А что делать, если эти измерительные системы необходимо постоянно переконфигурировать, добавлять первичные преобразователи, изменять длину проводов и т. д.?

Далеко не каждый производитель продукции сможет в полной мере компенсировать такие затраты испытательного центра или лаборатории особенно если эта продукция штучная или мелкосерийная. В этом случае расходы за испытания ложатся на себестоимость продукции и, как следствие, на покупателя, что делает инновационную продукцию неконкурентоспособной.

Развитие цифровой техники и информационных систем позволило значительно усовершенствовать подвижной состав. Современный подвижной состав оснащен высокоточными системами диагностики, безопасности, автоведения. Эти системы включают в себя претензионные первичные преобразователи и обрабатываются высокоскоростными микропроцессорными устройствами. Малая часть этих данных выводится как необходимая информация на пульт управления, а остальные данные используются как сигналы контроля и управления и для большинства людей остаются незамеченными. Чтобы увидеть скрытую информацию, необходимо специализированное программное обеспечение и доступ. Этой возможностью обладают только производители и наладчики оборудования и частично – производители подвижного состава.

Специалистам испытательного центра железнодорожного транспорта Белорусского государственного университета транспорта удалось поработать непосредственно с производителями и наладчиками тягового оборудования для нового электропоезда Минского метрополитена. В соответствии с заключенным договором испытательный центр участвовал в приемочных испытаниях. При проведении этих испытаний не запрещается использовать методику, разработанную испытательным центром под конкретный объект. При этом методика обязательно должна быть согласована с производителем или заказчиком.

Так как испытанный электропоезд состоит из четырех вагонов и на каждом установлено по два двухзвенных преобразователя, перед сотрудниками испытательного центра стал вопрос, как получить необходимый объем данных. В процессе совещаний с техническими специалистами предприятия и изучения электрических схем, датчиков, программного обеспечения было принято решение использовать системы электропоезда с записью данных на персональный компьютер через программное обеспечение производителя тягового привода и систем управления. Правильность принятого решения подтвердил тот факт, что вся информация с датчиков и преобразователей сигналов электропоезда непосредственно участвует в системах управления и контроля поезда и влияет на безопасность движения.

В связи с тем, что большинство установленных датчиков и преобразователей не имели свидетельства о калибровке Республики Беларусь, необходимо было убедиться в точности показаний. Для этого были проведены предварительные поездки с индивидуальной проверкой показаний, необходимых для испытаний датчиков, таких как датчики температуры, преобразователи тока и напряжения и других. Проверка штатных датчиков электропоезда осуществлялась средствами измерений и измерительным оборудованием Испытательного центра. Всё оборудование имело свидетельство о калибровке установленного образца метрологических служб Республики Беларусь. Сличение данных подтвердило точность показаний измерительных устройств электропоезда, максимальная разница не превысила 1 %.

В дальнейшем полученные данные были обработаны и проанализированы. Стоит отметить, что при помощи штатных систем удалось получить данные большой точности и малой дискретности (около 10 мс), что привело к быстрому и качественному выполнению поставленной задачи. Дополнительно был сделан вывод о работе систем безопасности и управления, что само по себе является одним из главных критериев безопасности подвижного состава.

Таким образом, работа с данными, полученными непосредственно из систем контроля, управления и автоведения подвижного состава, не только способна снизить себестоимость продукции, но и дополнительно позволяет проверить надежность, устойчивость, информативность самых ответственных и сложных систем.

УДК 629.4

О ВАЖНОСТИ РАБОТЫ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД

К. Р. БОЙКОВ, И. В. ПРИХОДЬКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Тяговый железнодорожный подвижной состав с каждым годом становится всё сложнее и, можно сказать, умнее. В данный момент использование полупроводниковых приборов в системах тягового привода уже не диковинка. Широко внедряются системы микропроцессорного управления, автоматического ведения, контроля.

На электропоездах ранних серий с «аналоговыми» (электромеханическим) управлением, почти все режимы работы задавала, контролировала локомотивная бригада, основной задачей которой является обеспечение безопасности движения, перевозки грузов и пассажиров. При этом у машиниста был ши-

рокий спектр выбора параметров разгона, времени выбега и торможения, а опытные машинисты были способны не только безопасно вести поезд, но и эффективно управлять энергопотреблением. Современный тяговый подвижной состав оснащен упрощёнными в управлении контроллерами и сложными системами автоведения, контроля безопасности. Так, системы автоматического ведения поезда способны поддерживать заданные параметры движения, осуществлять запланированные остановки на протяжении всего заданного маршрута, комплексные локомотивные устройства безопасности способны не только принимать сигнальную информацию от путевых устройств АЛСН и АЛС-ЕН и отображать ее на индикаторах и мониторах машиниста, но и следить за состоянием здоровья локомотивной бригады, а совместно эти системы способны осуществлять дистанционное управление и даже вести поезд самостоятельно.

Нельзя однозначно утверждать, что с внедрением высокоинтеллектуальных систем труд человека становится легче или ненужным, а системы автоведения привели к экономии топлива и электроэнергии. Да, возможно, управлять поездом сейчас стало проще, но современные системы требуют нового подхода, как в эксплуатации, так при ремонте и наладке. Сейчас многие вопросы энергоэффективности и безопасности сместились в сторону изготовителя, наладчиков и ремонтных бригад. Поэтому от работы испытательных центров и лабораторий, которые видят новый подвижной состав в числе первых, зависит развитие всей железной дороги.

Конечно, испытательные центры работают в рамках требований аккредитующих организаций и по программам органов по сертификации, но при разработке стандартов и программ нельзя предусмотреть все возможные варианты событий, к которым могут привести новые конструкторские решения.

За время работы испытательного центра железнодорожного транспорта Белорусского государственного университета транспорта, а это уже более десяти лет, который начинал работать еще с аттестатом аккредитации России, неоднократно возникали ситуации, когда внешне перспективный подвижной состав или его составные части на практике оказывались далеко не лучшего качества с точки зрения надежности и энергоэффективности. Следует обратить внимание на тот факт, что требования Технического регламента, международных и государственных нормативных документов устанавливают предельно допустимые значения параметров и не способны предусмотреть растущие требования перевозчиков и потребителей услуг. Особенно это актуально при оценке комплексных задач энергоэффективности и надежности, которые призваны не только рассматривать тяговый подвижной состав как набор тяговых элементов, но и вникать в вопросы динамики движения, устойчивости, безопасности систем управления, надежности исполняющих устройств, а также рассматривать всю систему тягового привода с системой управления как большую аналогово-цифровую машину с современными цифровыми интерфейсами.

Так, на этапе приемочных испытаний или в процессе первичной наладки тягового подвижного состава при комплексном подходе можно оптимально выбрать режимы движения по всем возможным участкам железной дороги с учетом профиля, влияния температур и других факторов.

Комплексные вопросы невозможно решить микро- и минилабораториями, в которых зачастую работает не более 10 человек, а то и значительно меньше. Для таких целей нужны серьезные интеллектуальные ресурсы и большие финансовые вложения.

При решении данных сложных вопросов необходимо участие специалистов, имеющих знания и практический опыт в таких направлениях, как динамика подвижного состава, прочность и ресурс подвижного состава, тяга поездов, тормоза подвижного состава, системы тягового привода и управления, цифровые и информационные устройства, электромагнитная совместимость, экологическая безопасность.

На территории Таможенного союза почти все крупные испытательные, научно-исследовательские центры находятся на территории Российской Федерации, единичные – в Казахстане и Беларуси, что приводит к разрыву связи «наука – производство» и негативно сказывается на развитии железнодорожного транспорта и его инфраструктуры в Республике Беларусь.

Испытательный центр железнодорожного транспорта в составе Белорусского государственного университета транспорта является единственным в своем роде на территории республики, где почти все сотрудники выбрали профессию «железнодорожник» и после окончания остались или вернулись работать в родной университет, соединяя науку и производство.

Накопленный опыт при испытаниях не только способствует качественному проведению испытаний сотрудниками центра, но и при их участии в проектировании, первичных опытных поездках и наладке заблаговременно помогает увидеть возможные недостатки нового подвижного состава, уменьшить время и, как следствие, исключить незапланированные расходы на исправление допущенных ошибок и проведение повторных испытаний.

СРАВНЕНИЕ ДВУХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА РЕЛЬС

Ю. П. БОРОНЕНКО

«Научно-внедренческий центр “Вагоны”», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Д. А. СЕРГЕЕВ, Д. Е. КУМПИЯК

ООО «Тихвинский испытательный центр железнодорожной техники», Российская Федерация

Повышение точности определения характеристик силовых факторов, действующих на путь при движении железнодорожного состава, является одним из важнейших критериев роста качества измерений и, как следствие, необходимым условием для более глубокого понимания процессов, протекающих в подвижном составе во время эксплуатации.

В докладе рассматривается подход к определению мгновенных значений вертикальной нагрузки на рельс, основанный на кусочно-непрерывном измерении разности перерезывающих сил в двух сечениях рельса, возникающих при изгибе последнего. Анализируются аспекты практической реализации данного метода на действующих железнодорожных путях.

Приводятся результаты апробации метода измерения вертикальной нагрузки на рельс по напряжениям в двух сечениях на скоростном испытательном полигоне. Показывается, как изменяются форма регистрируемого сигнала и объём полезной выборки от различных способов масштабирования исходного сигнала аппаратуры.

В докладе предлагаются для рассмотрения результаты сравнения предложенного метода с методом определения вертикальной нагрузки на рельс согласно ГОСТ Р 55050–2012.

Одним из основных специфических аспектов описанного метода является ограниченность участка рельса, на котором может быть реализована непрерывная регистрация. Но данный недостаток может быть частично устранён увеличением количества последовательных измерительных сечений на рельсе.

Список литературы

- 5 Анисимов, П. С. Испытания вагонов : [монография] / П. С. Анисимов. – М. : Маршрут, 2004. – 197 с.
- 6 Вериги, М. Ф. Динамика вагонов. Конспект лекций / М. Ф. Вериги. – М. : Типография ВЗИИТа, 1971. – 173 с.
- 7 Чернышев, М. А. Практические методы расчета пути / М. А. Чернышев. – М. : Транспорт, 1967. – 236 с.
- 8 Железнодорожный путь / Т. Г. Яковлева [и др.] ; под ред. Т. Г. Яковлевой. – М. : Транспорт. 1999. – 405 с.

МАТЕМАТИКО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Д. А. БОСЫЙ, Д. Р. ЗЕМСКИЙ

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. акад. В. Лазаряна, Украина*

Проектная и научно-исследовательская деятельность, касающаяся современных систем тягового электроснабжения, в отличие от трёхфазных систем питания со стационарной нагрузкой усложняется учетом движения поездов согласно принятому графику движения, неоднородностью элементов системы «контактная подвеска – рельс», необходимостью учитывать шунтирующие действие земли, а также использованием рельсовой и контактной сети для электропитания стационарных потребителей.

Задачи, которые возникают перед специалистами, часто требуют тщательного анализа электроэнергетических процессов в системе электроснабжения. В то же время от полноты модели, которую используют для вычисления параметров режимов электротяговых сетей, зависит качество расчетов, а также возрастает количество задач, для решения которых данную модель возможно применить. На сегодня существует ряд программных комплексов для анализа установившихся режимов в системах электроснабжения общего назначения с возможностью расчета тяговых систем питания, а также программ,

предназначенных для прогнозирования и оценки эксплуатационных показателей железнодорожного транспорта.

Среди наиболее мощных программ для моделирования систем тягового электроснабжения широко известна OpenPowerNet, которая разработана институтом железнодорожных технологий, позволяет анализировать нагрузку сетей постоянного и переменного тока, рассчитывать тяговые усилия для OpenTrack (программа расчета логистических потоков в железнодорожной сети), токи короткого замыкания, магнитное поле. Также известны продукты для инженерного проектирования и управления PSS SINCAL (Siemens, Германия) и eTraX (ETAP, США).

Описанные продукты находятся в коммерческом использовании, что, соответственно, затрудняет их применение в инженерных и научных работах широкого круга специалистов. К тому же зарубежные программы, как правило, не учитывают местной специфики: параметры эксплуатируемого подвижного состава и особенности систем электрификации, наличие систем электроснабжения сторонних потребителей от сетей железной дороги.

Поэтому создание своего программного продукта для осуществления расчетов может оказаться полезным для некоммерческого использования специалистами разного профиля.

Авторами создана базовая библиотека функций, которая реализует алгоритмы для построения моделей систем тягового электроснабжения переменного и постоянного тока с возможностью совместного моделирования системы внешнего электроснабжения и систем питания нетяговых потребителей.

К разработанной модели выдвигались следующие требования:

- универсальность;
- обеспечение точности расчетов;
- простота формализации алгоритма построения компьютерной модели;
- обеспечение экономичности вычислительных ресурсов;
- обеспечение значимых для поставленной задачи свойств системы электроснабжения.

Для обеспечения универсальности модели в случае произвольной конфигурации исследуемой системы, повсеместно используется метод декомпозиции: систему электроснабжения разделяют на простые подсистемы – унифицированные блоки, из которых возможно собирать модели различной сложности. Универсальность модели также обеспечивает пофазное представление в схеме замещения исследуемого объекта, что удобно при расчете несимметричных режимов работы системы.

В библиотеке разработаны функции, которые на данный момент реализуют модели:

- электроэнергетической системы;
- трёхфазной линии;
- тяговой подстанции переменного тока;
- тяговой подстанции постоянного тока с выпрямителями;
- тяговой сети;
- параметрически задаваемой нелинейной нагрузки (электроподвижной состав);
- трёхфазной нагрузки;
- линии «два провода – рельс».

Точность расчетов обеспечивается использованием соответствующих численных методов расчета системы дифференциальных уравнений и степенью детализации модели. Простота реализации алгоритма зависит от выбранного метода математического описания системы электроснабжения и электрических параметров оборудования. В то же время параметры оборудования, а как следствие и численные методы расчета, зависят от моделирования необходимого режима.

Например, нет необходимости учитывать нелинейность трансформатора в установившихся режимах работы при токах в обмотках, близких к номинальным значениям. При этом допущении значительно уменьшается время моделирования. Также при моделировании простых систем цепей, где скорость изменения значений неизвестных приблизительно одного порядка, рациональней использовать одношаговые явные численные методы для решения системы дифференциальных уравнений. В случаях исследования бросков тока при включении трансформатора на холостой ход учет насыщения магнитной системы имеет важное значение. Системы уравнений, которые описывают такие цепи, могут оказаться жесткими и, соответственно, требуют использования специальных методов численного расчета.

В зависимости от целей исследования возможно также использовать различные подходы к представлению подвижного состава. Реализована также возможность моделирования электроподвижного состава через двухполосник с активным сопротивлением и индуктивностью с постоянными значениями или зависимыми от времени (т. н. активная и обменная характеристики) [1].

Значительного упрощения процесса построения оптимизационных моделей возможно достичь, применяя методику, которая предложена в Днепровском национальном университете железнодорожного транспорта. Её суть заключается в определении сопротивления тяговой сети как функции в зависимости от расположения поезда на участке, схемы питания и секционирования тяговой сети. Суммарный ток от нескольких нагрузок на межподстанционной зоне определяется по принципу суперпозиции. Такой подход Э. С. Почаевца получил дальнейшее развитие в современных работах, где использовался для моделирования процессов в системе тягового электроснабжения постоянного тока.

Список литературы

1 Косарев, А. Б. Основы теории электромагнитной совместимости систем тягового электроснабжения переменного тока / А. Б. Косарев. – М. : Интекст, 2004. – 272 с.

2 Энергетика тяговых сетей : [монография] / В. Г. Сиченко [та ін.] ; за заг. ред. д-ра техн. наук, проф. В. Г. Сиченка. – Дніпро : Стандарт-Сервіс, 2017. – 210 с.

УДК 629.421.4

РАСЧЕТНАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ПРОТИВ СХОДА С РЕЛЬСА КОЛЕСА МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА ЧМЭЗ

Г. Е. БРИЛЬКОВ, А. В. ПУТЯТО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. А. МАЗЕЦ

Белорусская железная дорога, г. Минск

Маневровое движение на Белорусской железной дороге обеспечивается тепловозами серий ЧМЭЗ, ТМЭ, ТГМ, ТГК, ТЭМ, из которых более 70 % приходится на маневровые тепловозы серии ЧМЭЗ. К одним из серьезных недостатков тепловозов серий ЧМЭЗ, с которыми приходится сталкиваться в эксплуатации, относятся неисправности колесных пар. Анализ данных, регистрируемых в журнале ремонта колесных пар, в локомотивных депо Молодечно и Минск показал, что основными неисправностями являются износ бандажей, ползуны, выщербины и раковины на поверхности катания, трещины колесных центров и бандажей, ослабление и сдвиг колеса на оси. Высокая интенсивность износа бандажей, а также повреждения поверхности катания приводят к увеличению числа их замены при выполнении ремонта и, как следствие, увеличению его стоимости.

На тепловозах ЧМЭЗ применены одноповодковые буксовые узлы с двухрядными сферическими самоустанавливающимися подшипниками, позволяющими передавать осевые силы без специального осевого упора. Однако такая конструкция не дает возможности смещения осей колесных пар вдоль корпуса букс, усложняя вписывание тепловоза в кривые. Вписывание в кривую малого радиуса обеспечивается в большей степени за счет упругого перемещения в осевом направлении на 3–3,5 мм и поворота колесных пар на небольшой угол при смятии резиновых элементов крепления буксовых узлов к раме тележки. Данная особенность конструкции тележки тепловоза серии ЧМЭЗ отличает его от большинства современных тепловозов, у которых свободный разбег средних колесных пар достигает ± 14 мм.

Таким образом, целью настоящей работы является оценка прочности колёса маневрового тепловоза серии ЧМЭЗ, а также его устойчивости от схода с рельс при движении в кривой малого радиуса.

Оценка боковых сил, действующих на колеса тепловоза при движении в кривой, выполнена экспериментальным путем на территории испытательного центра БелГУТа. В качестве объекта исследований принят маневровый тепловоз серии ЧМЭЗ № 5332. Регистрация боковых сил осуществлялась при скорости движения 3–5 км/ч, причем тепловоз проезжал трижды в направлении «впе-

ред» и трижды в направлении «обратно». Результаты измерений записывались автоматически и сохранялись в память компьютера. С целью установления динамики изменения значений боковых сил, действующих на колеса, в зависимости от толщины гребня вышеприведенный цикл испытаний выполнялся повторно после обточки профилей колес.

Установлено, что при увеличении толщины гребня наблюдается повышение значений боковой силы. В результате обработки экспериментальных данных получен массив осредненных по количеству заездов максимальных значений боковых сил. На рисунке 1 приведены сравнительные диаграммы значений боковых сил на колеса первой и второй колесных пар тележки при замеренных толщинах гребней до (размер 1) и после (размер 2) обточки.

В соответствии с техническими характеристиками маневрового тепловоза серии ЧМЭЗ наименьший радиус проходимой кривой составляет 80 м, что ограничено как условием устойчивости против схода колеса с рельса, так и условием прочности самого колеса. Коэффициент запаса устойчивости колеса от схода с рельса определяется из условия равновесия сил, действующих на колесо колесной пары при взаимодействии его с рельсом по формуле

$$k_{уст} = \frac{\text{tg}\beta - \mu_{тр} \cdot 0,5Q}{\mu_{тр} \text{tg}\beta + 1} \cdot \frac{Y_6}{Y_6},$$

где β – угол наклона образующей гребня бандажа к горизонтالي; $\mu_{тр}$ – коэффициент трения в точке контакта гребня бандажа и боковой грани рельса; Q – нагрузка на ось; Y_6 – боковая сила от колеса на рельс. Принимая во внимание, что для рассматриваемого тепловоза номинальное значение $Q = 20,5$ т (≈ 205 кН), а также учитывая допускаемое значение коэффициента запаса устойчивости, получим допустимое значение боковой силы [Y_6] = 110 кН.

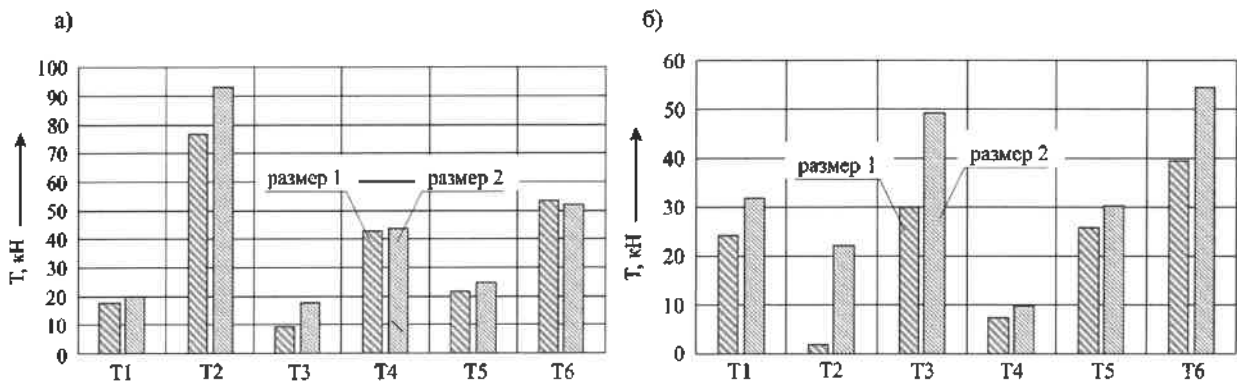


Рисунок 1 – Диаграммы значений боковых сил на колеса первой (а) и второй (б) колесных пар

Анализ результатов экспериментальных исследований и соотношения сил, действующих на колёса при вписывании тележки в кривую, показал установку последней при вписывании в кривую в положении свободной установки. Получено, что при рассмотренных условиях по критерию коэффициента запаса устойчивости от схода колеса с рельса толщина гребня более 30 мм и менее 25 мм является неприемлемой при вписывании маневрового тепловоза серии ЧМЭЗ в кривую с радиусом 80 м. Исключением являются 2-я и 5-я колёсные пары, для которых опасной в эксплуатации является толщина гребня менее 23 мм.

Оценка прочности колеса выполнена при действии боковых сил, установленных экспериментальным путем. В соответствии с ГОСТ 4491–86 при изготовлении колесных центров использовались сталь 20Л с пределом текучести материала 245 МПа и временным сопротивлением 440 МПа, а также сталь 25Л с пределом текучести материала 265 МПа и временным сопротивлением 470 МПа. В то же время в соответствии с актуальной редакцией ГОСТ 4491–2016, колесные центры также изготавливаются из стали 20ГЛ с пределом текучести материала 295 МПа и временным сопротивлением 490 МПа. Согласно ОСТ 32.83 и ГОСТ 31373–2008 критерием статической прочности диска колеса является коэффициент запаса, определяемый как отношение предела текучести материала к максимальным эквивалентным напряжениям, равный для колес с литыми центрами 1,3–1,4.

В результате расчетов методом конечных элементов получены значения эквивалентных напряжений и деформаций для конструкции колеса. Установлено, что к наиболее нагруженной области относится область колесного диска вблизи ступицы колеса с внешней стороны, в которой в эксплуатации возникают трещины, приводящие к излому. Получено, что при $Y_6 < 130$ кН статическая прочность колесного центра из стали 20Л обеспечена для предельного значения коэффициента запаса, равного 1,3. В то же время при равенстве коэффициента 1,4 получим значение $Y_6 < 122$ кН, сопоставимое с результатами испытаний.

Таким образом, для обеспечения требуемого коэффициента запаса статической прочности боковое усилие на гребень бандажа колеса маневрового тепловоза ЧМЭЗ должно быть не более 122 кН, что для рассмотренного случая движения эквивалентно толщине гребня не более 32 мм. В то же время для обеспечения требуемого запаса устойчивости от схода колеса с рельса толщина гребня колес маневрового тепловоза серии ЧМЭЗ должна находиться в пределах от 25 до 30 мм. Исключением являются 2-я и 5-я колесные пары, для которых опасной в эксплуатации является толщина гребня менее 23 мм.

УДК 656.2.08:658.3

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ РАБОТНИКОВ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД

В. Г. БРУСЕНЦОВ, В. Г. ПУЗЫРЬ, О. В. БРУСЕНЦОВ

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

Безопасность транспортного процесса – традиционно важнейшая задача железнодорожного транспорта, которая может и должна решаться на системном уровне. Будучи многофакторной, она требует постоянного внимания, ведь стоит упустить какой-либо аспект, на первый взгляд малозначимый, и конечная цель – безопасность – не будет достигнута.

При этом, естественно, прилагаемые усилия должны соответствовать значимости аспекта. Сегоднешние реалии на магистральных железных дорогах Украины (АО «Укрзалізниця») таковы, что безопасность транспортного процесса на 80 % и более определяется «человеческим фактором» [1]. Учитывая, что применяемые технические средства имеют очень высокую степень износа, долевое участие «человеческого фактора» в дальнейшем будет только расти. К этому добавляется усложнение условий труда, связанное с повышением скорости движения.

Важнейшей составляющей «человеческого фактора» является уровень профессиональной надежности работников локомотивных бригад, поскольку они непосредственно влияют на безопасность движения. Следовательно, этот уровень должен контролироваться, что определяет актуальность его объективной оценки [2]. Наличие такой оценки позволяет решить ряд задач: не допустить к выполнению ответственной деятельности человека с недостаточным на данный момент уровнем профессиональной надежности, а также проводить мониторинг существующего уровня для каждого работника с определением его динамики и прогнозированием изменений. Это позволит не допускать снижения уровня ниже порогового путем корректирующих и восстановительных воздействий.

Получение такой оценки затруднено рядом обстоятельств. Понятие «профессиональная надежность» является системным и включает ряд подсистем: медико-биологическую, психофизиологическую, квалификационно-образовательную, морально-волевую и функциональную. Таким образом, ее можно представить как взаимоопределяемое соотношение ряда факторов, которое может быть выражено в виде произведения степенных одночленов

$$C = Na \cdot Y^b \cdot Cz.$$

Отсюда следует, что конечный интегральный результат можно получить при различной вариации его составляющих путем реализации способности к компенсации недостаточного уровня одних составляющих повышенным уровнем других. При получении интегральной оценки сложность за-

ключается в том, что составляющие имеют качественные отличия и часто отсутствуют их количественные показатели.

Были проведены исследования по получению таких оценок на примере уровня функциональной надежности человека-оператора, которая определяется как свойство функциональных систем обеспечивать его динамическую устойчивость в исполнении профессиональной задачи в течение определенного времени и с заданным качеством. Необходимо учитывать, что функциональная надежность состоит из двух составляющих с различным временным периодом: длительной (базовой) и оперативной (текущей). Базовая составляющая остается постоянной в течение достаточно длительного промежутка времени (месяцы, сезон), а текущая (функциональное состояние) проявляется в виде «пиков», «спадов», «плато» на протяжении часов, дней. Таким образом, интегральная оценка уровня функциональной надежности является комбинацией характеристик базовой и текущей ее составляющих. Медленно меняющиеся в процессе накопления опыта профессионально важные качества определяют диапазон вариации функционального состояния, протекающего сейчас и быстро изменяющегося.

В качестве медленно изменяющихся параметров рассматривают, прежде всего, биологический возраст и уровень здоровья. Важность этих показателей определяется их влиянием на работоспособность человека, а также общим ухудшением их состояния у населения. Так, уровень здоровья в значительной степени определяет уровень функциональной надежности человека-оператора, его «запас прочности», возможность сохранять оптимальное функциональное состояние, в том числе в усложненных условиях. Чем он ниже, тем выше вероятность того, что работник окажется в состоянии пониженного уровня функциональной надежности (утомление, предболезнь или даже болезнь и т. п.). Известно, что низкий уровень профессионального здоровья является причиной большого числа ошибок оператора. На сегодня состояние здоровья железнодорожных операторов в Украине выглядит довольно пессимистично, что не удивительно на фоне общего снижения уровня здоровья жителей страны [3]. Работники с низким уровнем показателей физической работоспособности составляют значительную часть контингента.

Важность такого показателя, как «биологический возраст», определяется еще и тем, что со старением функциональные возможности организма снижаются, и интегрально работоспособность организма уже к 40 годам уменьшается в среднем в три раза [4]. Актуальность проблемы возрастает и из-за того, что при общем старении населения наблюдается очевидное повышение метрического возраста трудового контингента.

Функциональное состояние человека-оператора является важнейшим фактором, определяющим его профессиональную надежность. Это подтверждается тем, что нарушение состояния влечет за собой до 50 % случаев нарушений работоспособности операторов.

Такими образом, предлагается оперативную диагностику уровня функциональной надежности работников локомотивных бригад проводить на основе оценки более лабильной составляющей – функционального состояния, с учетом статуса обследуемого по долговременной составляющей [5]. При этом чем этот статус ниже, тем более жесткие требования должны предъявляться по функциональному состоянию, поскольку мы имеем дело с исходно меньшим запасом прочности.

Долговременная составляющая может быть основой для мониторинга статуса работника.

Уровень оперативной составляющей возможно определить с применением формулы

$$F_2 = \sum_{j=1}^{m_2} \beta_j z_j,$$

где z_j – психофизиологические параметры, характеризующие уровень высшей нервной деятельности; β_j – весовые коэффициенты, определяющие значимость показателей z_j .

Статус базовой составляющей можно определять с помощью кластерного анализа или аппарата искусственных нейронных сетей. На основе нейронной сети (сеть с обратным распространением ошибки на базе однослойного персептрона) был разработан программный продукт, позволяющий проводить классификацию [6]. Таким же образом можно получить интегральную оценку уровня профессиональной надежности работников локомотивных бригад, что позволит существенно снизить проблему «человеческого фактора» на железных дорогах и тем самым повысить безопасность эксплуатации подвижного состава.

Список литературы

- 1 Аналіз стану безпеки руху в структурі Державної адміністрації залізничного транспорту України за 2014 рік / Міністерство інфраструктури України. Державна адміністрація залізничного транспорту України. Головне управління безпеки руху. – Київ, 2015.
- 2 Сериков, В. В. Типы личностной надежности операторов подвижных человеко-машинных систем (на примере машинистов локомотивов) : дис. ... канд. псих. наук 19.00.03 / В. В. Сериков. – М., 2018. – 246 с.
- 3 Безугла, О. Р. Аналіз динамічних моделей стану здоров'я машиністів залізничного транспорту за даними проведення періодичних медичних оглядів / О. Р. Безугла, О. М. Очередько // Експериментальна і клінічна медицина [Електронний ресурс]. – 2015. – № 2. – С. 144–149. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/eikm_2015_2_29. – Дата доступу : 22.05.19.
- 4 Харьковлюк-Балакіна, Н. В. Зміни параметрів психофізіологічного потенціалу та працездатності людини при старінні / Н. В. Харьковлюк-Балакіна // Проблеми старения и долголетия, 2016. – № 4(25). – Київ. – С. 507–516.
- 5 Брусенцов, В. Г. Ергономічні основи контролю працездатності залізничних операторів як засобу підвищення надійності їх професійної діяльності : дис. ... д-ра техн. наук 05.01.04. / В. Г. Брусенцов. – Харків, 2013. – 359 с.
- 6 Брусенцов, О. В. Контроль рівня працездатності залізничних операторів як ергономічний засіб зниження виробничих ризиків : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.01.04 / О. В. Брусенцов. – Харків, 2016. – 23 с.

УДК 656.212.5

ТЕХНОЛОГИЯ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННОГО АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В. В. БУРЧЕНКОВ, И. В. АСАДЧИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для решения задач по выполнению требований к повышению безопасности движения поездов с одновременным сокращением эксплуатационных затрат необходимо применение эффективных цифровых систем диагностирования и мониторинга технического состояния подвижного состава на основе новейших технологий, взаимосвязанных в локальные компьютерные сети.

Автоматическое измерение параметров колесных пар подвижного состава на ходу поезда может выполняться с помощью системы автоматического обмера колесных пар Комплекс-2, системы обнаружения дефектов колес по поверхности катания LASCA, системы автоматического обмера колёс АСОК, комплекса технических средств КТСМ-К. Эти системы измерения параметров колесных пар располагаются, в основном, перед пунктами технического обслуживания ПТО крупных узловых станций и не обеспечивают непрерывный контроль подвижного состава в процессе движения, что является существенным недостатком указанных систем.

В настоящее время железные дороги ряда стран уделяют повышенное внимание внедрению технологий мониторинга, основанных на распределенных виртуальных акустических датчиках в оптоволокне. В волоконно-оптический кабель передаются световые импульсы высокой частоты с последующей оценкой отраженного сигнала. На длину отраженной волны оказывает влияние любая вариация физических или механических параметров брэгговской решетки. Это значит, что волоконные решетки Брэгга можно использовать для измерений таких физических величин, как давление, ускорение, смещение и т. п. Применение технических решений на основе волоконной брэгговской решетки FBG (Fibre Bragg Grating) подтвердило принципиальную пригодность оптоволоконных технологий для мониторинга технического состояния подвижного состава.

Принцип распределенного акустического зондирования DAS (Distributed Acoustic Sensing) основан на выявлении изменений в отражениях высокочастотных световых сигналов, посылаемых в кабель лазером. Эти изменения обусловлены воздействием на кабель внешних акустических сигналов низкой частоты. При этом волокно фактически преобразуется в набор виртуальных микрофонов, размещенных в кабеле. Амплитуда отраженного сигнала зависит от времени, прошедшего с момента отправки световых импульсов, что позволяет сделать выводы о физических изменениях в определенных участках оптического волокна и расстоянии от начала кабеля до места этих воздействий. Эти изменения обусловлены корпусным шумом и физическими вибрациями вблизи волоконно-оптического кабеля. Специально разработанные алгоритмы позволяют классифицировать причины изменений, основываясь на выделении обратного рассеяния из отраженного сигнала. Благодаря этому измеряемые сигнатуры могут быть преобразованы в полезную информацию.

На основе технологии DAS фирмой Frauscher Sensortechnik GmbH (AUSTRIA) разработана система акустического зондирования FAS (Frauscher Acoustic Sensing). Структурная схема FAS состо-

ит: из оптоволоконного кабеля (Optical Fibre), уложенного вдоль пути (Track); оптического блока (OPTI unit), посылающего лазерные импульсы в оптоволокно и измеряющего сигналы обратного рассеяния; блока обработки (PROC unit), преобразующего сигналы в спектры мощности и классифицирующего зарегистрированные события; прикладного блока (APPL unit), определяющего координаты места события и передающего информационные пакеты в пользовательский интерфейс для отображения информации на мониторе (DISP unit).

Посредством технологии DAS любое одномодовое волокно волоконно-оптического кабеля преобразуется в серию последовательно расположенных виртуальных микрофонов. Для этого необходимо выполнить минимальные технические мероприятия по концам оптического волокна. Поскольку вдоль железнодорожных линий зачастую уже проложены волоконно-оптические кабели, появляется возможность непрерывного слежения за движением поездов, мониторинга пути и технического состояния подвижного состава.

В режиме мониторинга технического состояния подвижного состава осуществляется непрерывный контроль излома оси колесной пары, осевой шейки или колеса, контроль дефектов поверхности катания колёс подвижного состава, фиксации изломов боковой рамы вагонной тележки, фиксации трещин в рельсах. Система FAS позволяет измерять скорость движения поезда и осуществлять взвешивание вагонов на ходу поезда.

Следует отметить, что система FAS позволяет осуществлять как мониторинг технического состояния подвижного состава, так и контроль состояния компонентов пути: рельсов, рельсовых креплений, балластных подушек. Имеется опыт применения системы для контроля в целом железнодорожных путей и области вокруг них. Это относится и к изломам рельсов, которые представляют один из основных рисков для аварий на железнодорожном пути.

Определение порядкового номера вагона с дефектной колёсной парой и номера оси в вагоне возможно при использовании отметчиков прохода колёс (датчиков колёс подвижного состава). В отличие от рельсовых цепей, непосредственно устанавливающих свободность или занятость участка пути, система счета осей конкретизирует сведения о контролируемом подвижном составе. Использование счетчиков импульсов, функционирующих по специальным алгоритмам, дает возможность осуществлять счет физических вагонов независимо от числа осей в них, а также фиксировать отдельные оси в вагоне. Совместное действие системы FAS, регистрирующей расположение поезда на конкретном пути и системы регистрации прохода колёс, реализуют выполнение необходимых условий обеспечения безопасности движения поездов. Благодаря объединению и совмещению данных из системы FAS и системы счета осей в поезде реализуется возможность конкретной локализации вагонной оси с дефектом на поверхности катания колеса.

Пространственное разрешение чувствительных элементов оптического волокна может быть равным приблизительно 10 м и при непрерывной длине волокна порядка 40 км реализует примерно 4000 независимых акустических датчиков, размещенных вдоль 40 км железнодорожной линии. Это может обеспечить фактически непрерывный мониторинг всего 40-километрового участка пути.

Интегрированная обработка результатов измерений при движении поезда позволяет определять величины ползунов с погрешностью до 0,2 мм. Характерной особенностью этих измерений является повышение точности по мере движения поезда. Распределение цифровых показателей дефектов колёс в виде ползунов по классам неисправностей состоит из трех групп: разрешена эксплуатация вагона при величине ползуна от 0 до 0,5 мм; условно допустимая эксплуатация вагона с остановкой на ближайшей станции – при величине ползуна от 0,5 до 1,0 мм; немедленное исключение вагона из эксплуатации – при величине ползуна более 1,0 мм. Эти показатели точности измерений превышают аналогичные, установленные для аппаратуры комплекса технических средств КТСМ-К. Результаты полученной и обработанной информации служат основой планирования и реализации мероприятий для устранения выявленных дефектов в проконтролированных поездах. Это открывает широкие перспективы для роста эффективности контроля технического состояния подвижного состава и инфраструктуры железнодорожных линий. Актуально получение и использование информации о количестве выявленных дефектных осей, ползунах, изломах рельсов и боковых рам вагонных тележек, сходе подвижного состава и другой диагностике. Последние два дефекта представляют основной риск аварий на железнодорожном транспорте.

Заключение. Достоинством предложенной системы является многократное непрерывное измерение дефектов подвижного состава, в отличие от эксплуатируемых устройств и систем диагностики, осуществляющих однократное измерение в дискретных точках размещения этих систем. Один

кабельный оптоволоконный распределенный акустический сенсор заменяет собой тысячи точечных датчиков и снижает потребность в отдельных системах для мониторинга технического состояния подвижного состава.

Существенно повышается безопасность движения в режиме реального времени за счет точного определения местоположения событий, влияющих на волоконно-оптический кабель, который уложен вдоль железнодорожной линии.

Использование системы распределенного акустического зондирования обеспечивает немедленное обнаружение излома боковых рам вагонных тележек, который относится к наиболее опасному дефекту, приводящему к сходу подвижного состава с рельсов.

УДК 656.216.22

МЕРЫ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

С. М. ВАСИЛЬЕВ, А. В. ПИЩИК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Обеспечение безопасности движения на железнодорожных переездах является одним из основополагающих моментов в обеспечении безопасности движения поездов в целом по дороге. Несмотря на принимаемые меры, в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на железнодорожных переездах по-прежнему гибнет и получает увечья большое количество участников дорожного движения. Практически все аварии происходят из-за невыполнения правил дорожного движения, таких как обязательная остановка перед переездом, а также запрещающим сигналом светофора или закрытым шлагбаумом. Всего на Белорусской железной дороге (БЖД) сегодня эксплуатируется 1750 железнодорожных переездов, 1406 из них – регулируемые, 83 переезда – с дежурным работником. Ежегодно БЖД осуществляет их комиссионное обследование с целью выявления и последующего устранения недостатков [1].

Железнодорожные переезды являются местом совмещения двух транспортных потоков. Общественная безопасность движущихся единиц на переезде обеспечивается благодаря надежному функционированию средств регулирования движения и соблюдению принципа абсолютного приоритета железнодорожных транспортных средств по отношению к автодорожным [2].

Несмотря на проводимые БЖД и Государственной автомобильной инспекцией Министерства внутренних дел Республики Беларусь комплексные мероприятия по профилактике ДТП на железнодорожных переездах, коренного улучшения в сфере безопасности движения на переездах не происходит.

Для понятия причинно-следственной связи по причинам возникновения ДТП на железнодорожных переездах необходимо отметить, что на БЖД используется два типа железнодорожных переездов:

- регулируемые (оборудованные устройствами переездной сигнализации, предупреждающей водителей о приближении поезда и обслуживаемые дежурным работником);
- нерегулируемые (не оборудованные устройствами переездной сигнализации и не обслуживаемые дежурным работником).

Несмотря на очевидное преимущество в вопросе обеспечения БДП регулируемых переездов, на них тоже происходят ДТП с участием автомобильного транспорта. На нерегулируемых переездах обеспечение безопасности движения возлагается на участников автомобильного (водители автотранспорта) и железнодорожного (локомотивные бригады) транспорта.

Последствиями ДТП на железнодорожных переездах являются:

- травмирование (гибель) водителей и пассажиров автотранспортного средства;
- травмирование (гибель) локомотивной бригады;
- повреждение подвижного состава, особенно тягового (в объеме различных видов ремонта, вплоть до исключения);

- травмирование членов поездной бригады и пассажиров (в случае ДТП с пассажирским или грузопассажирским поездом);
- повреждение верхнего строения пути, устройств электропитания; устройств сигнализации, централизации и блокировки; оборудования железнодорожных переездов;
- сходы и крушения поездов;
- повреждение автотранспортных средств;
- нарушение графика движения поездов.

Необходимо отметить большое значение изучения заграничного опыта в обеспечении безопасности движения в местах пересечения железной дороги с автомобильными дорогами, троллейбусными и трамвайными линиями. В настоящее время для уменьшения количества ДТП и, как следствие, экономических потерь на территории Англии, Германии, Испании, США, Финляндии, Швеции, Японии и других стран было принято решение отказаться от использования наземных переездов в пользу путепроводов и тоннелей. Однако данный способ требует значительных финансовых вложений, которые могут оказаться неоправданными для переездов с небольшими размерами автомобильного и железнодорожного движения. Поэтому даже в странах с высокоразвитой экономикой сохраняется большое количество переездов, не оборудованных современными системами поездной автоматики [3].

Как уже было сказано выше, полностью предотвратить столкновения железнодорожного и автомобильного транспорта можно только в том случае, если исключить возможность пересечения их в одном уровне. В Российской Федерации запатентовано более 40 технических решений на устройства, препятствующие въезду автомобиля на железнодорожный переезд. Из всего множества эксплуатируется только устройство защитное переездное (УЗП) типа жесткой механической преграды. Практическое применение показало, что данное устройство имеет и ряд недостатков, одним из существенных является возможность применения УЗП лишь на охраняемых переездах [2].

УЗП представляет собой металлическую конструкцию, устанавливаемую на бетонном фундаменте в теле автомобильной дороги между шлагбаумом и железнодорожным полотном, а также рейные шкафы УЗП и переездную сигнализацию.

На железнодорожном переезде с автоматической переездной сигнализацией УЗП обеспечивает:

- механическое ограждение зоны переезда;
- исключение возможности въезда транспортных средств на огражденный переезд;
- обеспечение возможности выезда транспортных средств, оказавшихся в зоне переезда после его ограждения;
- обнаружение транспортных средств в зоне крышек заградительного устройства при ограждении переезда;
- информирование дежурного работника о техническом состоянии.

Применение УЗП является единственным средством, практически полностью исключаям несанкционированный выезд транспортных средств на железнодорожный переезд. На рисунке 1 приведены основные детали и узлы УЗП.

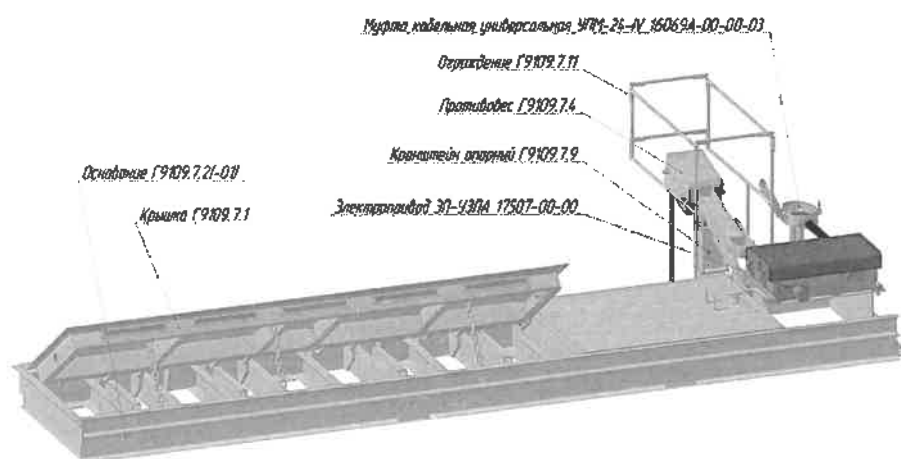


Рисунок 1 – Основные детали и узлы УЗП [4]

Все вышеперечисленные меры по предотвращению ДТП на железнодорожных переездах целесообразно рассмотреть в профильных подразделениях БЖД. Важно учесть достоинства и недостатки технических предложений для конкретных переездов (участков железной дороги), а также, проанализировав железнодорожные переезды, на которых наиболее часто случаются ДТП, рассмотреть вопрос возможности установки УЗП. Рассмотрение возможности оборудования железнодорожных переездов данным устройством можно начать с главного хода Белорусской магистрали Орша – Минск – Брест, принимая во внимание реализацию максимально допустимой скорости на отдельных перегонах данных участков, большое количество переездов и пар поездов.

Список литературы

1 94 железнодорожных переезда отремонтирует Белорусская железная дорога в 2018 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.rw.by/corporate/press_center/corporate_news/2018/01/94-zheleznodorozhnykh-pereezda-otremontiruet-belorusskaya-zheleznaya-doroga-v-2018-godu/. – Дата доступа : 15.09.2019.

2 Проблема обеспечения безопасности движения на железнодорожных переездах / Н. И. Карпушенко [и др.] // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике [Электронный ресурс]. – 2011. – № 4 (35). – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-obespecheniya-bezopasnosti-dvizheniya-na-zheleznodorozhnyh-pereezdah>. – Дата доступа : 15.09.2019.

3 Тарасов, А. В. О безопасности движения на неохраняемых переездах // Известия Петербургского университета путей сообщения [Электронный ресурс]. – 2014. – № 1(38). – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/o-bezopasnosti-dvizheniya-na-neohranяаемyh-pereezdah>. – Дата доступа : 15.09.2019.

4 Устройство заградительное переездное (УЗ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.rosat.org/ustroystvo-zagraditelnoe-pereezdno-2/>. – Дата доступа : 15.09.2019.

УДК 629.4.027.27

АНАЛИЗ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ И СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАДРЕССОРНЫХ БАЛОК ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

С. М. ВАСИЛЬЕВ, А. П. РУДКОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Надрессорная балка – один из основных элементов ходовой части грузовых вагонов. Балка соединяет между собой боковые рамы двухосной тележки и служит опорой для кузова вагона. Во времена СССР в конструкции большинства грузовых вагонов использовалась ходовая часть на основе тележек модели 18–100 (по чертежу 100.00.000–0СБ), которая и в настоящее время остается самой распространенной тележкой на колее 1520. В конструкции данных тележек применяются балки надрессорные, изготовленные по конструкторской документации АО «НПК “Уралвагонзавод”» и имеют чертеж 100.00.010–4СБ, которые изготавливались ранее по ОСТ 32.183-2011, сейчас – по ГОСТ 32400–2013 методом литья из стали марок 20ГФЛ, 20ГЛ, 20ГТЛ, 20 ХГНФТЛ.

Представляет из себя полулю балку размером 2590×480×480 мм и весом около 520–560 кг. Балка надрессорная не испытывает столь значительных нагрузок, как боковая рама, поэтому выход из строя вагона по причине излома балки надрессорной случается достаточно редко. Однако деталь является ответственной и проходит сплошной неразрушающий контроль дефектоскопом.

Неисправности надрессорной балки. В настоящее время эксплуатация вагонного парка происходит в условиях повышенного использования грузоподъемности вагона и высоких скоростей движения. Надрессорная балка при работе испытывает значительные динамические нагрузки, действующие в различных плоскостях, большие перепады температур. Кроме того, на её работу отрицательно влияет незащищенность сопряженных деталей от попадания в зоны трения абразивных частиц.

В процессе эксплуатации надрессорная балка подвергается значительным повреждениям, таким как трещины, износы, изломы, величина которых зависит от прочности, износостойкости и времени эксплуатации детали. Как правило, такие повреждения появляются в результате возникновения знакопеременных нагрузок, при движении поезда в кривых участках пути, динамических нагрузок, продольных и поперечных нагрузок.

При появлении трещин в сварном соединении заделки технологического отверстия на боковом поясе надрессорная балка ремонту не подлежит.

Не подлежат ремонту надрессорные балки, имеющие трещины, переходящие на ограничительный бурт для фрикционного клина, и поперечные трещины, выходящие за пределы наклонной плоскости.

Авторами проведён анализ неисправностей вагонов, выявленных на станции Жлобин, и было установлено, что за первые три месяца текущего года выявлено 12 трещин наклонной поверхности проема фрикционного клина (рисунок 1).

Способы восстановления. Для решения данной проблемы существует несколько вариантов. Известен способ восстановления изношенных наклонных плоскостей надрессорных балок посредством наплавки с последующей механической обработкой, недостатками которого являются значительные энерго- и трудозатраты, ухудшение ремонтпригодности детали, а также вредные условия труда.

Также известен способ восстановления наклонных плоскостей надрессорных балок, при котором в направляющих буртах концевых частей детали выполняются прорезы для закрепления в них в горячем состоянии трапецевидных износостойких накладок, нагретых до температурыковки. Недостатком данного способа является сложность попадания накладки в щелевые прорезы, а также возможность ослабления ее защемления в последних при остывании накладки, что в процессе эксплуатации может обусловить ее перемещение и изнашивание соприкасающейся с ней наклонной плоскостью надрессорной балки.

Также одним из способов является установка накладки 3, выполненной в виде пластин из стали с износостойкими свойствами с напусками для загиба за верхние и нижние края наклонных плоскостей 2 надрессорной балки и нагретой до температуры горячей пластической деформации; размещается на последних и осаживается на них нормально распределенной статической нагрузкой. При этом напуски загибаются вверх за края наклонных плоскостей с их обжатием, а внизу – в профрезерованные в продольном направлении канавки, и после снятия нагрузки осуществляется остывание накладок с появлением натяга в поперечном направлении наклонных плоскостей. На рисунке 2 схематично изображена концевая часть 1 надрессорной балки с наклонными плоскостями, восстановленными горячим прессованием на них износостойких накладок 3, также представлен разрез А-А с увеличением наклонной поверхности.



Рисунок 1 – Виды трещин наклонных поверхностей проема фрикционного клина

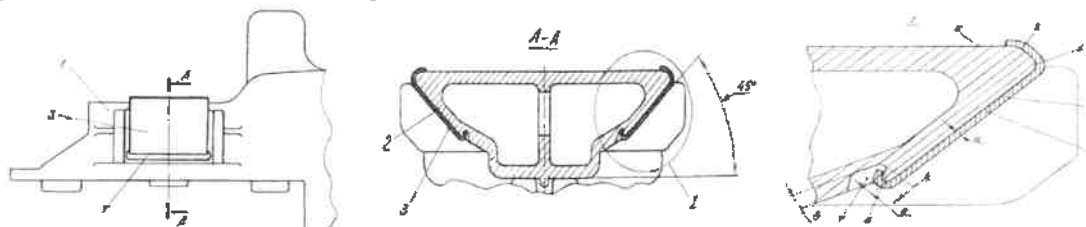


Рисунок 2 – Способ установки износостойкой накладки

Целью способа является повышение прочности крепления износостойких накладок на наклонных плоскостях, а также повышение ремонтпригодности и снижение трудозатрат при восстановлении надрессорных балок.

При поступлении в следующий ремонт поврежденные накладки снимаются и заменяются новыми без проведения механической обработки наклонных плоскостей.

Использование заявленного способа позволяет снизить трудозатраты при ремонте и повысить его производительность. Данный способ запатентован. Патентообладатель – Государственное унитарное предприятие «Уральское отделение Всероссийского научно-исследовательского института железнодорожного транспорта Министерства путей и сообщения Российской Федерации». (Классы МПК: В23Р6/00, В61F5/52 Восстановление или ремонт изделий рамы тележек).

Ещё одним из способов предотвращения появления трещин в наклонных поверхностях является установка износостойкой накладки из полиуретанового эластомера на фрикционный клин. Установка данной накладки позволяет уменьшить износ трущихся поверхностей и передаваемых нагрузок, что в свою очередь исключит возможность возникновения трещин в наклонных поверхностях

надрессорной балки. Срок эксплуатации данной накладки рассчитан на безотказную работу между плановыми видами ремонта. Способ установки и вид накладки представлены на рисунке 3.

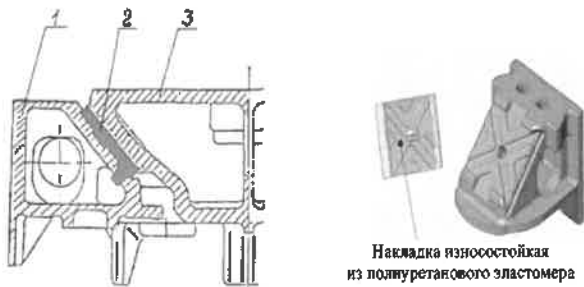


Рисунок 3 – Способ установки и вид накладки

Применение данных способов при плановых видах ремонта позволит избежать возникновения трещин и увеличить ресурс использования надрессорной балки и вагона в целом. Внедрение данных способов на Белорусской железной дороге позволит не только продлить срок эксплуатации, но и повысить безотказность работы данного узла. При изготовлении новых вагонов рекомендуется устанавливать надрессорные балки с ребрами жесткости, соединяющими верхнюю обвязку надрессорной балки с наклонной поверхностью, такие же надрессорные балки необходимо закупать на замену не ремонтнопригодных.

Список литературы

- 1 Бочкарёв, Н. А. Организация серийного производства тележек 18-578 для новых вагонов / Н. А. Бочкарёв // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 7. – С. 53–60.
- 2 Попов, С. И. Безнаплавочное восстановление опорных поверхностей несущих деталей вагонов постановкой сменных износостойких элементов / С. И. Попов, Л. В. Душанина. – Екатеринбург : Изд-во УРГУПС, 2003. – 102 с.
- 3 Разработка методики диагностирования литых несущих деталей (надрессорных и боковых балок) тележек: ЦНИИ-ХЗ, проработавших более 30 лет, и порядок продления срока службы : отчет о НИР / ГосНИИВ-ВНИИЖТ; рук. Л. Н. Косарев. – М., 2000. – 88 с.

УДК 621.891

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В. И. ВРУБЛЕВСКАЯ, А. Б. НЕВЗОРОВА, М. В. АНИКЕЕВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Повышение надежности и долговечности узлов трения железнодорожного транспорта является актуальной задачей.

В узлах трения транспортеров снегоуборочной машины СМ-2 были установлены взамен шарикоподшипников № 60204 подшипники скольжения самосмазывающиеся торцово-прессового деформирования.

Транспортеры постоянно работают в абразивной среде при переменной влажности и температуре. По условиям эксплуатации регулярная смазка узлов трения не осуществляется. Шарикоподшипники часто выходят из строя, они не долговечны, требуют за собой постоянного ухода и смазки. За самосмазывающимися подшипниками скольжения не требуется никакого ухода в течение всего эксплуатационного периода.

При ремонте указанных машин были установлены самосмазывающиеся подшипники скольжения (200 шт.) взамен шарикоподшипников № 60204 в поддерживающих роликах транспортеров промежуточного и концевого полувагонов (рисунок 1).

Опыт работы машин СМ-2 показал надежность и износостойкость в работе самосмазывающихся подшипников скольжения. При осмотре их износа практически не обнаружено, не наблюдалось и заклинивания подшипников. При этом в течение всего периода эксплуатации никакого ухода и смазки им не требовалось. По сроку службы они превосходили шарикоподшипники в 2–2,5 раза [1].

Следующая проблема, которая существует на железнодорожном транспорте, связана с эксплуатацией дверных ручек грузовых вагонов, которые постоянно подвергаются поломкам. Предложено усовершенствование конструкции узла державки двери крытого вагона.

Открытие и закрытие дверей крытого вагона, вес которых составляет 74,4 кг, происходит за счет движения роликов по направляющей. В существующем варианте конструкции узла державки двери крытого вагона использовались радиальные однорядные шарикоподшипники 60203 ГОСТ 7242–70, которые запрессовывались в ролики и крепились в кронштейнах.

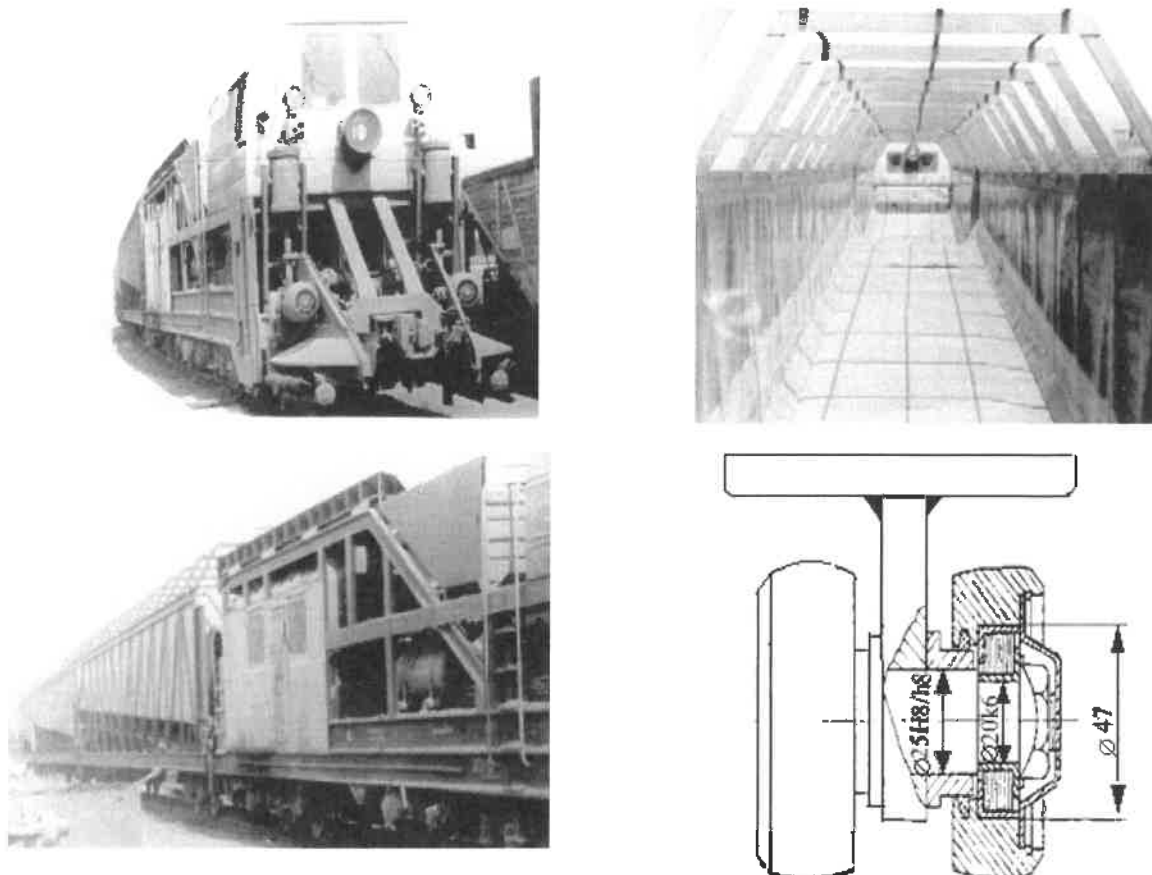


Рисунок 1 – Снегоуборочная машина СМ-2 и узел трения с ПСС-60204

Шариковые подшипники требуют постоянного технического ухода (смазки) и осмотра (они подвержены коррозии, предрасположены к заклиниванию).

Следовательно, в процессе эксплуатации значительно увеличиваются расходы на их содержание. Замена шарикоподшипников типа 60203 на ПСС-60203 позволила уменьшить материальные затраты и повысить долговечность данного узла (рисунок 2).

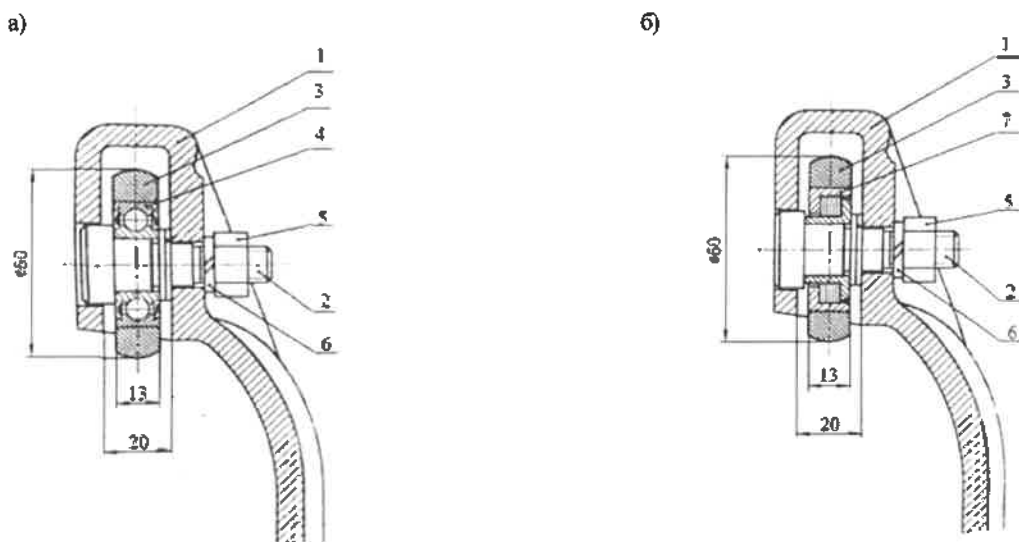


Рисунок 2 – Державка двери крытого вагона (существующий (а) и предлагаемый (б) варианты):
 1 – кронштейн; 2 – ось; 3 – ролик; 4 – шарикоподшипник 60203;
 5 – гайка М12 ГОСТ 5915–70; 6 – шайба 12 ГОСТ 6402–70; 7 – ПСС-60203 [2]

Эксплуатационными испытаниями установлено, что срок службы ПСС-60203 превысил срок службы шарикоподшипников в 3–5 раз. Работают они бесшумно, не требуют смазки, хорошо переносят статические и динамические нагрузки.

Список литературы

- 1 Врублевская, В. И. Износостойкие самосмазывающиеся антифрикционные материалы и узлы трения из них / В. И. Врублевская, А. Б. Невзорова, В. Б. Врублевский. – Гомель : БелГУТ, 2000. – 324 с.
- 2 Врублевская, В. И. Подшипники скольжения для работы в абразивно-агрессивных средах. Исследования, создание, внедрение / В. И. Врублевская, В. К. Кузнецова, М. В. Аникеева. – Beau Bassin : OmniScriptum Publishing Group, 2018. – 336 с.

УДК 629.423,1: 62-592 (476)

ТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ ЗАПАДНОЕВРОПЕЙСКОГО ТИПА НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Э. И. ГАЛАЙ, П. К. РУДОВ, Е. Э. ГАЛАЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. Е. ТКАЧЕНКО

Белорусская железная дорога, г. Минск

В последние годы в эксплуатации появился подвижной состав с тормозными приборами западноевропейского типа. Особенно это касается локомотивов и моторвагонных поездов, тормозные системы которых оснащены комплексом оборудования, применяемого для управления тормозами всего поезда и тормозами локомотива, а также электро-, гидродинамическим и стояночным тормозами.

Тепловозы серий ТМЭ1, ТМЭ2 и ТМЭ3 имеют прямодействующий автоматический тормоз для управления пневматическими тормозами поезда и прямодействующий неавтоматический вспомогательный тормоз локомотива. Электродинамический тормоз (реостатный) является основным при регулировочных торможениях.

На всех тепловозах указанной серии установлены воздухораспределители DAKO-CV1nD, которые могут переключаться на пассажирский «О» или грузовой «N» режимы работы и обеспечивают возможность ступенчатого отпуска тормозов и скорость тормозной волны 280 м/с.

Для управления тормозами поезда локомотивы оборудованы дистанционными кранами машиниста DAKO-BSE или DAKO-BSE2. Тепловозы ТМЭ1, ТМЭ2 и ТМЭ3 имеют главные резервуары объемом 1000 л. На ТМЭ1 и ТМЭ2 установлены компрессоры Mattei M111H производительностью не менее 4,2 м³/мин, что обеспечивает работу тормозов грузового поезда длиной до 200 осей. У тепловоза ТМЭ3 с компрессором VV270-T Klopff-Bremze (поршневым безмасляным) производительностью 2,1 м³/мин сжатого воздуха, что достаточно на поезд длиной до 100 осей.

Двухсекционные электровозы БКГ1 оборудованы автоматическим прямодействующим тормозом, который является основным для управления тормозами поезда, кроме того, имеются вспомогательный локомотивный, электродинамический рекуперативный и стояночный тормоза. Стояночный пружинный тормоз имеет пневматическое растормаживание.

Предусмотрена возможность приведения в действие основного тормоза с помощью кнопки экстренного торможения.

На электровозах применена схема одностороннего нажатия композиционных тормозных колодок с приводом от индивидуальных тормозных блоков, оснащенных автоматическими регуляторами выхода штока.

Мощность электродинамического рекуперативного тормоза составляет 9600 кВт, что обеспечивает тормозную силу 480 кН на двух секциях локомотива.

Основная часть тормозных приборов скомпонована в шкафу тормозной аппаратуры. В ее состав входят электронный блок управления тормозом ВСУ, блок электропневматических приборов дистанционного крана машиниста, воздухораспределитель КАВ-60, разработанный фирмой Klopff-Bremze на основе грузового воздухораспределителя серии 483.

Односекционные 6-осные грузовые электровозы БКГ2 имеют тормозное оборудование такое же, как и БКГ1, такую же осевую нагрузку – 25 т/ось.

Дизель-поезда серии ДШ1 оборудованы автоматическим прямодействующим тормозом с электропневматическим управлением величиной давления в тормозной магистрали, неавтоматическим прямодействующим тормозом с электропневматическим управлением давлением в тормозных ци-

линдрах (вспомогательный тормоз), гидродинамическим тормозом и стояночным пружинным тормозом с пневматическими растормаживателями, имеющими пружинные энергоаккумуляторы.

Автоматический, неавтоматический и стояночный тормоза дизель-поезда воздействуют на дисковые механизмы по два на средней части оси каждой колесной пары. Очистка поверхности катания колес от загрязнений производится чугунными скребковыми колодками, работающими от индивидуальных пневматических приводов, подключенных к магистрали тормозных цилиндров.

В режиме пневматического торможения контроллер подает сигналы на электроуправляемый кран машиниста DAKO BSE панельного типа, управляющий давлением в тормозной магистрали.

Режим гидродинамического торможения устанавливается переводом рукоятки контроллера тяги и торможения в соответствующее положение. При этом происходит постепенное увеличение мощности гидродинамического тормоза от нуля до максимума. Рукоятка контроллера имеет ряд положений, соответствующих режимам тяги и торможения. Перевод рукоятки в положение R или нажатие кнопки тормоза безопасности в рабочей или нерабочей кабине дизель-поезда вызывает экстренное торможение.

Тормозная система поезда оборудована воздухораспределителем KEP DV-EPD3, который создает давление в тормозных цилиндрах при пневматическом торможении. Автоматический тормоз имеет два режима: R – скоростной и P – пассажирский, которые устанавливаются с помощью электрического переключателя и различаются величиной давления в тормозных цилиндрах, причем на режиме P величина давления зависит от загрузки каждой тележки дизель-поезда.

Дизель-поезд оснащен электронной противоюзной системой с поосным регулированием величины давления в каждом тормозном цилиндре, которая работает при всех режимах пневматических тормозов – автоматического и вспомогательного.

Дизель-поезд ДПЗ имеет такую же тормозную систему, как и ДП1. Несколько отличаются порядок действия тормозов и функции контроллера крана машиниста, в зависимости от вида торможения. В частности, контроллер имеет 12 положений рукоятки, в том числе одно FS незафиксированное, когда на стоянке выполняется сверхзарядка тормозной магистрали до давления более 5,4 бар (кг/см²). Остальные 11 положений фиксированные:

RP – полный отпуск в поездном положении;

1А – первая ступень торможения (последняя ступень отпуска пневматического тормоза);

1В – вторая ступень торможения при электропневматическом (ЭПТ) и гидродинамическом (ГД) торможениях;

2–7 – ступени торможения с нарастающей мощностью тормоза и понижением давления в ТМ от 4,4 до 3,65 бар;

МВ – девятая ступень ЭПТ и ГД тормозов и 8-я ступень (полное служебное торможение), давление в ТМ – 3,5 бар;

ЕВ – экстренное торможение.

Дизель-поезда ДП1 и ДПЗ оснащены приборами безопасности – комплексным локомотивным устройством безопасности унифицированным (КЛУБ-У), электропневматическим клапаном автостопа ЭПК-153, блоком контроля несанкционированного отключения ЭПК ключом (КОН) и телемеханической системой бодрствования машиниста (ТСКБМ).

Основным видом служебного торможения ДПЗ является электропневматическое (ЭПТ), действующее совместно с гидродинамическим. Системой управления независимо от машиниста устанавливается приоритет гидродинамического тормоза. В случае его отказа или недостатка мощности приходит в действие ЭПТ. В случае необходимости можно отключить гидродинамический тормоз в момент торможения нажатием кнопки в рукоятке контроллера тяги и торможения.

Пневматический тормоз применяется для экстренного торможения. При служебном торможении он используется в качестве резервного при отказе ЭПТ.

Ступенчатое торможение вплоть до полного производят переводом рукоятки контроллера в одно из девяти фиксированных положений (от 1А до МВ), каждое из которых соответствует определенной мощности ЭПТ.

На дизель-поездах ДПЗ № 004 и выше отпуск можно произвести переводом ручки контроллера крана машиниста в положение FS.

Техническое обслуживание и эксплуатация тормозов дизель-поездов ДП1, ДПЗ, тепловоза ТМЭ1, ТМЭ2 и ТМЭ3, а также электровозов БКГ1, БКГ2 производятся в соответствии с Правилами технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава.

УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ПРИВОДА

В. Н. ГАЛУШКО, Р. Д. МЕЛЬНИК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Процесс совершенствования традиционных типов электрических машин продолжается более ста лет. За это время были достигнуты значительные успехи. Однако требования, предъявляемые современными электромеханическими устройствами к электрическим машинам, продолжают расти, а резервы повышения их показателей и характеристик в определенной степени исчерпаны.

Качественный скачок в этом направлении обозначен разработкой интеллектуальных электромеханических преобразователей энергии, которые одновременно осуществляют и преобразование энергии, и управление им. Одним из интеллектуальных электромеханических преобразователей энергии является вентильно-индукторный двигатель (ВИД).

ВИД представляет собой шаговый двигатель, работающий в режиме постоянного вращения. Шаговый двигатель – разновидность синхронного бесщёточного электродвигателя с несколькими обмотками, последовательная активация которых вызывает дискретные угловые перемещения (шаги) ротора.

Наиболее целесообразно использовать ВИД в качестве электропривода механизмов, в которых по условиям работы требуется осуществление регулирования в широком диапазоне частоты вращения. Примером здесь могут быть электроприводы станков с числовым программным управлением и промышленных роботов.

Эффективность использования ВИД существенно повышается, если необходимость регулирования частоты вращения сочетается с тяжелыми условиями работы, как это имеет место в электроприводах для металлургии, горнодобывающей промышленности и подвижного состава электрического транспорта.

В промышленности есть большой класс устройств и механизмов, использующих нерегулируемый электропривод, где энергетическая эффективность существенно возрастает при использовании регулируемого электропривода. К таким устройствам, прежде всего, относятся компрессоры, насосы и вентиляторы. Использование здесь ВИД является весьма перспективным.

В ходе исследования будут разработаны механическая часть, магнитная система, электрическая система, а также выполнен тепловой расчет.

ВИД представляет собой относительно новый тип электромеханического преобразователя энергии. Поэтому его продвижение на рынке происходит достаточно медленно. Однако уже сейчас многие электротехнические фирмы мира либо рассматривают возможность серийного выпуска ВИД, либо уже производят его. За последние десять лет доля применения ВИД в регулируемом электроприводе возросла в восемь раз. По всей видимости, эта цифра будет расти.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДГЕЗИОННОЙ И ГИСТЕРЕЗИСНОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНО МОДИФИЦИРОВАННОЙ РЕЗИНЫ

М. А. ГЕТИКОВА, А. Н. ПОПОВ, А. В. ДОЛГОДИЛИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Беларусь

Уплотнительные резиновые манжеты получили массовое применение для герметизации подвижных соединений гидросистем. Ввиду этого актуально повышение ресурса работы манжет путем поверхностной модификации углеродными покрытиями [1]. Согласно [2] можно выделить два основных фактора, обуславливающих трение между поверхностями при скольжении: адгезионный и деформационный (гистерезисный). Спрогнозировать эффективность работы поверхность резиновой манжеты при работе в динамической системе поможет исследование коэффициента трения и его составляющих.

Цель работы. Получение зависимостей коэффициента трения, его адгезионной и гистерезисной составляющих, от различных нагрузок для модифицированной углеродными покрытиями бутадиен-нитрильной резины.

Материалы и методы. Углеродные покрытия наносились на листовую бутадиен-нитрильную резину. Покрытия формировались из графита в плазме импульсного катодно-дугового разряда, их толщина составила $\sim 0,1$ мкм.

Триботехнические испытания проводились на возвратно-поступательном микротрибометре по схеме «сфера – плоскость» при различных нагрузках (0,5, 1 и 2 Н) со скоростью от 0 до 27 мм/с при ширине дорожки трения 13,5 мм. Для анализа и визуализации данных использовались программные продукты Python (x, y) и Origin 9.0. Применяемый оригинальный алгоритм и методики описаны в работах [3, 4].

Для определения гистерезисных потерь, мы допускаем исключение вклада адгезионной составляющей, путем добавления в зону трения гидравлического масла. Определив гистерезисную составляющую и общий коэффициент трения, из уравнения можно получить адгезионную составляющую.

После обработки результатов триботехнических испытаний образцов без покрытия и с углеродным покрытием без смазки и со смазкой при различных нагрузках получены графики зависимости адгезионной и гистерезисной составляющих среднего коэффициента трения от нагрузки. Эти графики аналитически представлены в виде логарифмических зависимостей (рисунки 1, 2).

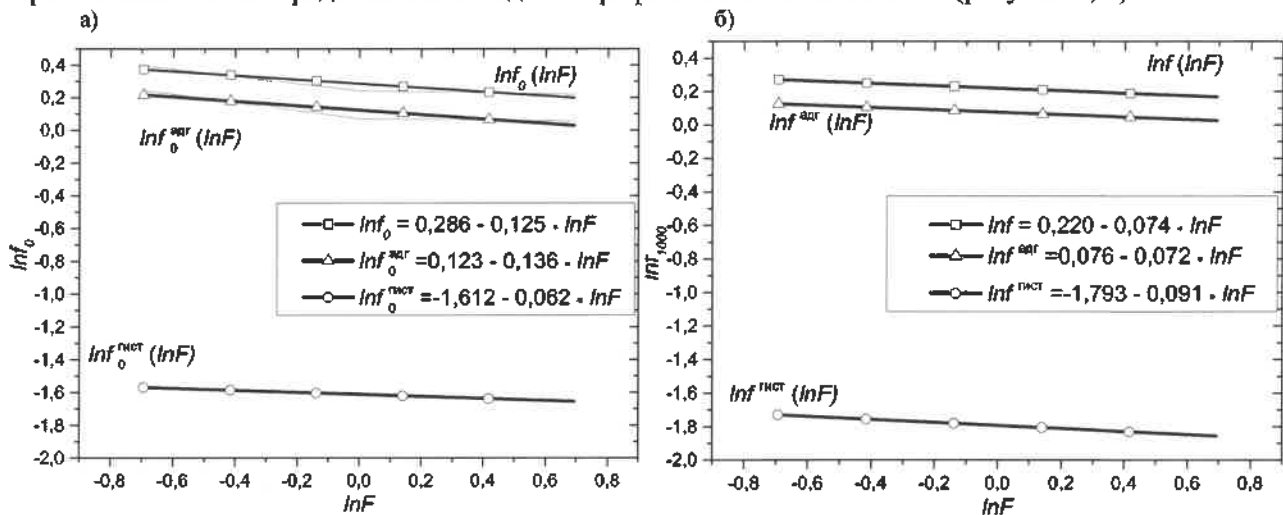


Рисунок 1 – Адгезионная и гистерезисная составляющие коэффициента трения поверхности без покрытия: а – начального f_0 ; б – после 1 тыс. циклов f

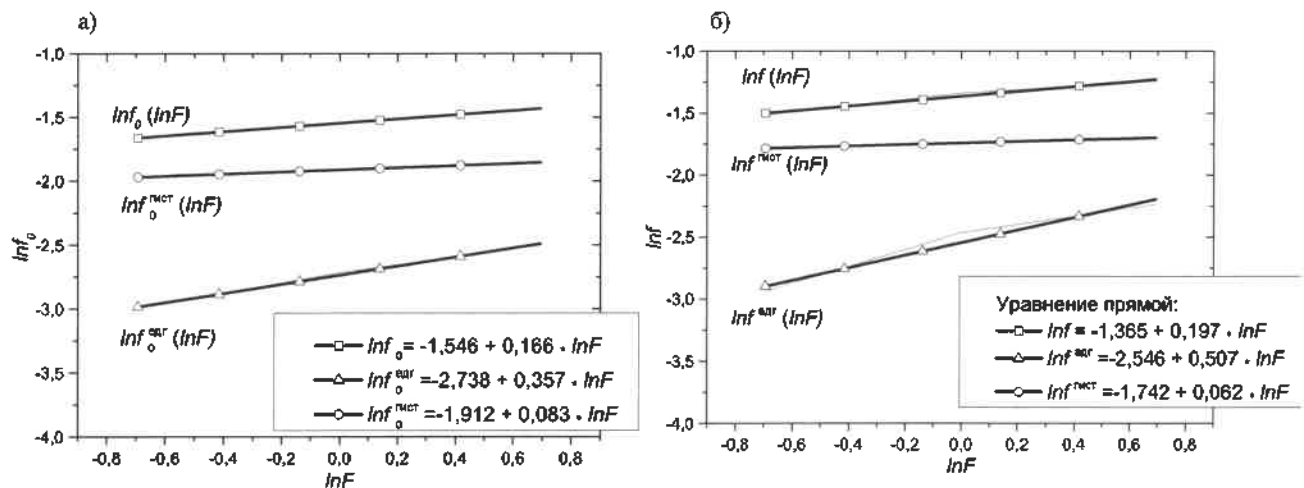


Рисунок 2 – Адгезионная и гистерезисная составляющие коэффициента трения углеродного покрытия: а – начального f_0 ; б – после 1 тыс. циклов f

Анализируя полученные уравнения прямых, можно оценить зависимость коэффициента трения от нагрузки, а также вклады каждой из составляющих. Таким образом отрицательный знак при логарифме силы указывает на снижение коэффициента трения при увеличении нагрузки. Количественный вклад адгезионных потерь больше гистерезисных, интенсивность которого уменьшается в процессе испытания. При испытании образцов с углеродным покрытием положительный знак при логарифме силы указывает на увеличение коэффициента трения при увеличении нагрузки. Исходя

из уравнений количественный вклад гистерезисных потерь больше адгезионных в данном диапазоне. На протяжении всего испытания вклад гистерезисных потерь с увеличением нагрузки остается практически постоянным. Из этого следует, что рост коэффициента трения в данном случае возрастает за счет роста адгезионной составляющей.

Исходя из анализа результатов триботехнических испытаний образцов бутадиен-нитрильной резины с углеродным покрытием и без него можно сделать следующие выводы.

1 Резина без покрытия имеет обратно пропорциональную зависимость логарифма коэффициента трения от логарифма силы. У резины с покрытием – наоборот, прямо пропорциональная.

2 Значение адгезионной составляющей у исходной поверхности значительно больше, чем у модифицированной: для коэффициента трения – в 17 раз в начальный момент, в 14 раз – после 1 тыс. циклов.

3 На протяжении всего испытания вклад гистерезисных потерь с увеличением нагрузки остается практически постоянным. Из этого следует, что рост коэффициента трения в данном случае возрастает за счет роста адгезионной составляющей.

Предложенный подход к разделению коэффициента трения на гистерезисную и адгезионную составляющие позволяет анализировать их величину и изменение в процессе трения.

Список литературы

- 1 Flexible diamond-like carbon film coated on rubber / Y. T. Pei [et al.] // Progress in Organic Coatings. – December 2013. – Vol. 76, Is. 12. – P. 1773–1778.
- 2 Мур, Д. Ф. Трение и смазка эластомеров / Д. Ф. Мур ; пер. с англ. Г. И. Бродского. – М. : Химия, 1977. – 16 с.
- 3 Модифицирование поверхности бутадиен-нитрильной резины азот- и фторсодержащими углеродными покрытиями / М. А. Попова [и др.] // Полимерные материалы и технологии. – 2017. – № 3. – С. 71–76.
- 4 Гетикова, М. А. Особенности трения поверхностно модифицированной углеродным покрытием резины / М. А. Гетикова // Трение и износ. – 2019. – Т. 40. № 2. – С. 238–244.

УДК 621.785

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ НАДЕЖНОЙ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА

Л. А. ГЛАЗКОВ, Д. Л. ЖИЛЯНИН, А. А. ТАБУЛИН
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В процессе работы транспортной организации важным моментом является своевременное обслуживание используемого в работе подвижного состава. Зачастую своевременно проведенный ремонт экономит значительные средства при эксплуатации задействованной техники.

Плановое обслуживание, проводимое в установленные интервалы времени, оправдано для парка с небольшим пробегом или временем эксплуатации. Как правило, для новой техники изготовители устанавливают гарантийные сроки, ограниченные по времени или пробегу. Это в первую очередь обусловлено процессами износа пар трения в работающем двигателе, агрегатах трансмиссии. Приработка пар трения до установления рабочих зазоров обычно (в зависимости от условий эксплуатации) составляет 2–3 тысячи километров. Затем идет плавное увеличение зазоров в парах трения при условии соблюдения инструкций по эксплуатации изготовителя. После того как двигатель автомобиля отработает гарантийный срок в парах трения, зазоры будут продолжать увеличиваться пока не достигнут критических значений. Интервал времени эксплуатации автомобиля после гарантийного срока до проведения капитального ремонта точно установить невозможно, опять же из-за влияния условий эксплуатации. При выполнении указанных изготовителем инструкций по эксплуатации срок надежной работы транспортной единицы может быть увеличен, что позволит пересмотреть срок проведения капитального ремонта двигателя в большую сторону. Однако зачастую регламентированное обслуживание в установленные интервалы времени не всегда гарантирует надежную работу техники. Поэтому проведение своевременной диагностики смазочных материалов позволит установить оптимальные сроки обслуживания, что может продлить срок эксплуатации транспорта.

Одним из условий выполнения инструкции по эксплуатации является использование смазочных материалов, имеющих соответствующие допуски к применению от производителя, а также замена их через установленные интервалы наработки или времени эксплуатации. При этом установленные интервалы не могут учесть всех вариантов применения мобильной машины, так как разработанные процедуры по получению допуска к применению смазочных материалов отрабатываются в стендовых условиях. Согласно методикам испытаний смазочных материалов двигатели работают в регламентированных условиях, таких как старт-стоп, нагрузка при установленных постоянных или переменных режимах с ограничением времени работы двигателя. Реальные условия изготовитель смазочных материалов учитывает, определяя в рекомендациях по интервалам замены смазочных материалов некоторый запас, который зачастую может оказаться не оправданным.

Как первичный этап диагностики рекомендуется проверка смазочного материала перед началом его применения, чтобы быть уверенным в правильности использования. Проверку следует проводить на соответствие техническим характеристикам, измеряя вязкость и другие физико-химические показатели, установленные в паспорте качества на смазочные материалы.

В первую очередь это связано с появлением на рынке Республики Беларусь, а также стран Евразийского экономического союза большого числа контрафакта, выпускаемого под видом известных брендов производителей смазочных материалов. Вторым важным фактором входного контроля является получение исходных значений физико-химических показателей, которые можно будет использовать для сравнения с показателями, получаемыми при испытаниях смазочных материалов в процессе эксплуатации.

При работе двигателя или любого другого агрегата машины в маслах появляются продукты его собственного окисления, уменьшается количество противоизносных и антиокислительных присадок, происходит обрыв полимерных цепей молекул присадок, обеспечивающих нужную вязкость и создающих разделительную пленку между трущимися поверхностями.

Работающий двигатель неизбежно подвергается загрязнению. Попадающая на поверхности трения из атмосферы пыль может содержать в себе мельчайшие частицы сажи, окислов различных металлов и т. д. Кроме того, в смазочный материал неизбежно попадают продукты износа и он подвергается процессам деструкции под действием высоких температур в парах трения.

Немаловажным фактором, влияющим на долговечность работы смазочного материала, являются режимы работы двигателя и элементов трансмиссии. Во время критических нагрузок неизбежно возникает режим работы двигателя с повышением температуры, приводящим к перегреву. При таких условиях окислительные процессы в масле могут привести к необратимому разрушению присадок.

Выявить процесс деструкции присадок, вызванный процессами окисления с образованием органических кислот и солей, образования загрязнений в маслах, можно, применяя диагностику смазочных материалов с использованием физико-химических методов, дополняющих друг друга в создании объективной оценки текущего состояния смазочного материала.

Наиболее широко используются обычно рекомендуемые изготовителями техники методики определения кислотного и щелочного чисел, а также вязкости. Неизбежное увеличение кислотного числа при эксплуатации ограничивается его предельным значением, отклонение от стандартного темпа роста может свидетельствовать о наличии проблем в режимах эксплуатации или состоянии агрегата. Определение щелочного числа характерно для двигателей большого рабочего объема либо имеющих особо длительные интервалы замены масла. В данном случае также ограничивается его минимальное значение и оценивается темп его снижения. Величина и кривая изменения вязкости дают информацию о состоянии смазочного материала и агрегата. Особенно это актуально для трансмиссионных масел, срок эксплуатации которых зачастую производителем не устанавливается – в данном случае имеется возможность скорректировать срок службы и оценить время или пробег до его замены.

Применение встроенных экспресс-анализаторов состояния смазочного материала, основанных на оценке электрической проводимости, как правило, позволяет оценить только «возрастные» изменения, вызванные накоплением конденсата и кислот. Данный метод желательно дополнять периодическими анализами физико-химических свойств.

Оценка иных физико-химических показателей смазочных масел в эксплуатации либо малоинформативна, либо требует использования дорогостоящего оборудования и расходных материалов, например атомно-абсорбционных спектрометров. Поэтому подобные исследования процесса износа

агрегатов проводятся для уникальных агрегатов особо большой мощности: кораблей, экскаваторов и карьерных самосвалов, шахтного оборудования.

В настоящее время для оперативного экспресс-анализа находящихся в эксплуатации смазочных материалов применяется метод инфракрасной спектроскопии (ИК-спектроскопия). Данный метод основан на анализе инфракрасных спектров поглощения, отражения или рассеяния. Проводя сравнение инфракрасных спектров образца со спектрами известных веществ, можно идентифицировать неизвестное вещество, определить основной состав смазочного материала, провести фракционный или структурно-групповой анализ. Применяя метод корреляционного анализа по полученным спектрам, можно определить физико-химические характеристики смазочных материалов. Приборной частью метода служат Фурье-спектрометры, основанные на получении инфракрасного спектра путем сканирования по сдвигу фаз между двумя частями разделенного светового пучка.

К преимуществам метода ИК-спектроскопии относятся возможность проведения неразрушающего анализа (так как в процессе исследования масло не претерпевает физических изменений), а также качественного и количественного анализа сложных многокомпонентных продуктов (базовые масла плюс пакеты присадок), быстрдействие, использование микроколичеств смазочного материала.

Для определения подлинности поставляемых смазочных материалов, а также установления их предельных состояний в процессе эксплуатации автотранспорта разработана и применяется стандартная методика мониторинга состояния находящихся в условиях эксплуатации смазочных материалов методом анализа трендов с помощью инфракрасной спектроскопии на основе преобразования Фурье ASTM E2412-10.

Применение данной методики в совокупности с вышеуказанными физико-химическими методами позволит не допустить использования контрафактных и некачественных смазочных материалов, нередко поступающих на эксплуатирующие автотранспорт организации и сервисные станции, а также упростить, снизить стоимость и повысить эффективность проведения постоянного мониторинга состояния транспортных машин через диагностику смазочных материалов.

УДК 629.4.014.76.004.67

О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВИДАХ РЕМОНТА И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ВАГОНРЕМОНТНОЙ БАЗЫ

Е. П. ГУРСКИЙ, А. А. МИХАЛЬЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одним из основных направлений деятельности организаций вагонного хозяйства является планирование и организация качественного выполнения плановых видов ремонта грузовых вагонов и контейнеров инвентарного парка Белорусской железной дороги, а также прогнозирование ремонта вагонов собственности других организаций и железнодорожных администраций иностранных государств. Комплексный анализ основных видов деятельности вагонного хозяйства свидетельствует о том, что эта важная задача на средне- и долгосрочную перспективу остается не решенной. Связано это в первую очередь с тем, что классические методики, определяющие потребность в плановых ремонтах в существующей системе, не эффективны, при этом условия функционирования самой системы с течением времени изменяются. На первый план выходит инновационное развитие вагоноремонтной базы на Белорусской железной дороге с созданием современного комплекса ремонта и технической эксплуатации грузовых вагонов.

Техническое обслуживание, плановые виды ремонта всех типов грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм, находящихся в собственности Белорусской железной дороги и организаций-собственников Республики Беларусь, стран СНГ и Балтии, осуществляют 12 вагонных депо. Все вагонные депо аттестованы, оснащены современным технологическим, метрологическим, диагностическим и специализированным оборудованием, необходимым для ремонта и эксплуатации вагонов, что позволяет производить качественный ремонт вагонов, своевременно выявлять дефекты, угрожающие безопасности движения поездов. Производственные мощности депо позволяют производить плановые виды ремонта грузовых вагонов в количестве 20 500 единиц в год, что на сегодня удовлетворяет потребности в ремонте вагонов инвентарного парка железной дороги, и вагонов соб-

ственности субъектов хозяйствования Республики Беларусь. Кроме того, вагонные депо выполняют на договорных началах ремонт грузовых вагонов, находящихся в собственности стран СНГ и Балтии, – до 3 500 единиц в год. Однако с учетом развития рынка грузовых перевозок в среднем на 4–8 % в год, существующих производственных мощностей вагоноремонтной базы в среднесрочной перспективе будет не достаточно.

При имеющихся производственных мощностях вагонных депо объемы ремонта вагонов собственников (нерезидентов Беларуси) могут снизиться, что повлечет потери доходов за счет таких услуг. Учитывая все технические и экономические нюансы, необходимо иметь стратегию проведения плановых видов ремонта, определить требуемую мощность вагоноремонтной базы и рациональные пути ее инновационного развития.

Прогнозирование показателей работы вагонного хозяйства выступает одним из основных вопросов начального этапа проектирования транспортных систем, создания их генеральных схем, а также поиска наиболее эффективной технологии работы.

Потребность в ремонте определяется принятыми межремонтными сроками, возрастным составом и количеством инвентарного парка вагонов.

На железных дорогах постсоветского пространства в течение всего исторического периода развития железнодорожного транспорта в основе системы технического обслуживания и ремонта вагонов (СТОИРВ) применялся критерий календарной продолжительности эксплуатации, согласно которому каждый вагон подлежал плановому виду ремонта через определенный интервал времени, исчисляемый от даты постройки или его последнего планового ремонта. Достоинство такого критерия – возможность обеспечения кратности нормативного срока службы и длительности межремонтных периодов вагона и, как следствие, простота и высокая достоверность прогнозирования вывода вагонов в ремонт, потребности в обеспечении трудовыми, материальными и финансовыми ресурсами, что значительно упрощает планирование. При такой системе по каждому роду вагона определялись доли из них, которые ежегодно должны были пройти ремонт. В условиях ежегодного проведения планового депоовского ремонта рассчитать суммарную ремонтную потребность не сложно.

В настоящее время в Республике Беларусь действует дифференцированная система ремонта вагонов. В условиях применения комбинированного критерия вывода вагона в ремонт по календарной продолжительности эксплуатации и выполненному вагоном объему работы, выраженному в километрах пробега, планирование потребности в ремонте усложняется, и существующие методики расчета оказываются неэффективными.

Предлагаемая методика предусматривает, что для расчета потребности в количестве ремонтов грузовых вагонов, которая определяется принятыми межремонтными сроками, возрастным составом и численностью инвентарного парка вагонов применяются следующие зависимости [1]:

$$N_{\text{деп.}i} = N_i z_{\text{деп.}i}; \quad (1)$$

$$N_{\text{кап.}i} = N_i z_{\text{кап.}i}, \quad (2)$$

где N_i – инвентарный парк вагонов; $z_{\text{деп.}i}$, $z_{\text{кап.}i}$ – коэффициент потребности вагонов инвентарного парка в депоовском и капитальном ремонтах соответственно.

Коэффициенты потребности в депоовском и капитальном ремонтах определяются по следующим зависимостям:

$$z_{\text{деп.}i} = \frac{D_k S_{\text{ср.}i}}{[nI]_i}, \quad (3)$$

$$z_{\text{кап.}i} = \frac{\alpha_{i-1}}{T_{\text{ср}}} + \frac{\gamma_i}{T_{\text{сл}}}, \quad (4)$$

где D_k – число календарных дней в году; $S_{\text{ср.}i}$ – среднесуточный пробег i -го типа вагона, км; $[nI]_i$ – нормативный межремонтный пробег i -го типа вагонов, км; α_i – общее количество межремонтных циклов за период, равный сроку службы вагона i -го типа; γ_i – доля вагонов i -го типа со сверхназначенным сроком службы; $T_{\text{ср}}$ – нормативный срок службы вагона i -го типа.

Тогда формулу (1), с учетом того, что межремонтный норматив определяется не только пробегом, но и календарной продолжительностью, можно записать так:

$$N_{\text{рем.}i} = N_i \frac{D_n S_{\text{сп.}i}}{[nI]_i} K_i, \quad (5)$$

где K_i – коэффициент, учитывающий ненаработку i -го типа вагонов, $K_i > 1$.

Полученные результаты позволяют скорректировать потребность в ремонте. Например, для полувагонов программа ремонта в среднесрочной перспективе увеличится на 1500 единиц, а в целом по парку – до 8000 единиц. Тогда потребная производственная мощность вагоноремонтной базы Белорусской железной дороги на перспективу также должна быть скорректирована в сторону увеличения, и ее прирост к 2025 году должен быть не менее 10000 единиц.

Большое значение в современных условиях имеет создание новой технологической базы ремонта грузовых вагонов, обеспечивающей инновационные технические характеристики подвижного состава. Решение рассматриваемой задачи может иметь оптимальное значение с учетом использования систем неравенств, применяемых в теории управления. При этом выходные параметры вагоноремонтной базы оптимизируются при решении задачи и подробно описаны ранее [2].

Таким образом, полученные результаты позволяют обосновать затраты на содержание и развитие инфраструктуры, обеспечивающей ремонт вагонного парка, капитальные вложения в реконструкцию и проектирование новых отраслевых подразделений, выполнение своевременного и качественного ремонта вагонов, основанного на инновационном развитии производственной мощности вагоноремонтной базы, за счет использования и внедрения современной техники и технологий, использования новых материалов и комплектующих изделий и узлов. С учетом использования предлагаемых теоретических основ могут выполняться расчеты корректировок как программы ремонтов, так и мощности вагоноремонтной базы, связанной с изменением технического регламента эксплуатации вагонов грузового парка в границах ЕЭП.

Список литературы

1 Планирование работы вагонного хозяйства с использованием методов математического моделирования : учеб. пособие / В. И. Сенько [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 276 с.

2 Сенько, В. И. Планирование инновационного развития производственной мощности вагоноремонтной базы / В. И. Сенько, Е. П. Гурский, А. А. Михальченко // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2014. – № 1 (28). – С. 4–9.

УДК 629.4

ОСОБЕННОСТИ СРЕДНЕГО И КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА СПЕЦИАЛЬНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

И. И. ГРУДЬКО

ГП «Центр механизации путевых работ», г. Пинск, Республика Беларусь

В. А. ДОВГЯЛО, В. Л. МОЙСЕЕНКО, К. В. МАКСИМЧИК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Техническая эксплуатация специального самоходного и несамоходного подвижного состава (СПС) содержит комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на сохранение, поддержание и восстановление его работоспособности при эксплуатации. Комплексный подход включает организацию и проведение технического обслуживания и ремонта на основании результатов технического диагностирования агрегатов и узлов машин, научно обоснованное применение экономичных и эффективных методов восстановления деталей и сборочных единиц.

Ремонт СПС обеспечивает устранение отказов, а также восстановление исправности или работоспособности машины в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. В нашей стране эксплуатацией и ремонтом специального подвижного состава иностранного производства (ВПр-09-3Х, ВПр-08-32 и ВПр-08-32 Centertool, COMPELVAC 500RD и др.) занимается государственное предприятие «Центр механизации путевых работ» (ст. Пинск), а ремонт отечественных машин (АГД-1, АГД-1А, МПТ-4, МПТ-6, АДМ-1, АДМ-1.3 и др.) осваивают Минский вагоноремонтный завод, Гомельский вагоностроительный завод и Лунинецкое локомотивное депо.

Для выполнения качественного ремонта путевых машин необходимо иметь современную ремонтную документацию, включая руководства по всем видам ремонта, которые предназначены для подготовки ремонтного производства, ремонта и последующего контроля отремонтированных машин и их составных частей. Целью ремонта является не только поддержание работоспособности, но и удлинение этапа эксплуатации жизненного цикла путевых машин за счет поддержания и восстановления их ресурса.

Для обновления нормативной базы сотрудниками кафедры «Детали машин, путевые и строительные машины» Белорусского государственного университета транспорта актуализированы и разработаны руководства по ремонту для следующих машин:

– по среднему ремонту – для автомотрисы АДМ-1, АДМ-1.3, укладочного крана УК-25СП, выправочно-подбивочно-рихтовочной машины ВПР-08-32 и ВПР-08-32 Centertool, ВПР-09-3Х, путевой вакуумной машины COMPELVAC 500RD, состава для перевозки щебня и засорителей МФС-240;

– по капитальному ремонту – для автомотрисы грузовой дизельной АГД-1А, АГД-1 с прицепом грузовым УП-4, машины для закрепления и смазки клеммных и закладных болтов непрерывного действия ПМГ, выправочно-подбивочно-рихтовочной машины ВПР-08-32 и ВПР-08-32 Centertool, ВПР-09-3Х, путевой вакуумной машины КОМПЕЛВАК 500 РД, состава для перевозки щебня и засорителей МФС-240.

При капитальном ремонте осуществляют комплекс технологических и технических мероприятий по восстановлению работоспособности и ресурса (полного или близкого к полному) машины с заменой или ремонтом любых узлов и агрегатов, включая базовые. При этом производят полную разборку машины, заменяют все неисправные или требующие ремонта узлы, агрегаты и детали, включая базовые.

При среднем ремонте реализуют комплекс технологических и технических мероприятий по восстановлению работоспособности и частичного ресурса машины с заменой или ремонтом неисправных агрегатов и узлов. При этом производят частичную разборку машины, проверку всех агрегатов, узлов и систем, дефектацию и ремонт неисправных агрегатов и узлов, капитальный ремонт отдельных агрегатов и рабочих органов, а также проводят сопутствующие профилактические работы.

В разработанной нормативно-технической документации установлены требования к отправляемым в ремонт и отремонтированным машинам, сборочным единицам и деталям (по приемке в ремонт и хранению ремонтного фонда, демонтажу и последующей разборке машин и сборочных единиц, по дефектации и выявлению последствий отказов и повреждений), необходимые для определения их технического состояния до ремонта, при испытаниях и при приемке после ремонта.

В соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов Республики Беларусь в области охраны труда разработаны указания по электро-пожарной безопасности, безопасности от воздействия химически опасных и загрязняющих веществ, безопасности при эксплуатации средств оснащения ремонта и средств измерений, безопасности при эксплуатации грузоподъемных и транспортных устройств, сосудов, работающих под давлением, сигнальным знакам безопасности и др. Кроме того, реализованы указания по охране окружающей среды и установлен перечень отходов при производстве среднего и капитального ремонта, для которого (по классификатору отходов Республики Беларусь) был определен класс их опасности.

Разработаны требования к дефектации и ремонту, сборке и регулировке типовых сборочных единиц и деталей (сварных металлоконструкций, корпусных деталей, подшипников, валов и осей, зубчатых колес, шпоночных пазов и шпонок, резьбовых соединений, крепежных деталей, заклепочных соединений, пружин, штифтов, трубопроводов, рукавов, крепежных скоб и хомутов, шкивов, втулок, баков и др.).

В общей сложности разработано более 5000 ремонтных чертежей основных узлов и механизмов СПС, а также карт на дефектацию и ремонт деталей и сборочных единиц, содержащих характеристики машин и их составных частей (размеры, предельные отклонения размеров и дополнительные данные), для проведения ремонта и последующего контроля.

Разработаны и утверждены методики по проведению приемо-сдаточных и периодических испытаний. Агрегаты, узлы и детали машин после ремонта должны соответствовать требованиям нормативных документов, в их числе «Планово-предупредительный ремонт специального подвижного состава на Белорусской железной дороге. Основные положения» (СТП 09150.56.136–2010), «Специальный железнодорожный подвижной состав. Общие технические требования» (ГОСТ 32216–2013), «Специальный железнодорожный подвижной состав. Требования к эксплу-

атации и содержанию» (СТП 09150.56.107–2009), «Инструкция по сварочным и наплавочным работам при ремонте путевых машин (ЦП/4292), «Машины путевые. Окрашивание. Общие технические условия» (ОСТ 32.80–97), «Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний» (ГОСТ 12.4.026–2015) и др.

В процессе испытаний устанавливают, что машина соответствует требованиям ремонтных документов и рабочих чертежей. В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011) установлены требования для поверхностей ступенек, площадок, подножек и настилов, которые должны препятствовать скольжению. Если результаты испытаний удовлетворительные, то машину можно вернуть заказчику для дальнейшей эксплуатации, в противном случае ее возвращают в ремонт для приведения в соответствие ремонтной документации.

При организации ремонта учтены конструктивные особенности машин. Составлены указания по организации дефектации и ремонта (включая доработку), схемы и методики типового ремонта машины, а также перечень средств оснащения ремонта и средств измерений (испытаний).

Системы безопасности и пожаротушения должны соответствовать самым жестким требованиям, которые установлены следующими нормативными документами: «Система обеспечения безопасности движения специального самоходного подвижного состава I категории КЛУБ-УП (36993-00-00 ЭР.ЦРБ-704), «Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа (АЛСН) и устройства контроля бдительности машиниста. Техническое обслуживание» (СТП 09150.19.194–2011), «Техническое обслуживание и ремонт комплекса средств сбора и регистрации контролируемых параметров движения КПД-ЗП» (ТИ-ЦТТ-18-09), «Правила по обеспечению пожарной безопасности на локомотивах и моторвагонном подвижном составе Белорусской железной дороги» (СТП БЧ 17.255–2013).

Сформированы требования по ремонту тормозного оборудования и колесных пар, которые соответствуют современным стандартам (СТП 09150.17.119–2010 «Тормозное оборудование локомотивов и моторвагонного подвижного состава на Белорусской железной дороге. Правила технического обслуживания, ремонта и испытаний», «Правила технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами» № 691 НЗ от 27.06.2014, СТП 09150.56.131–2010 «Колесные пары специального подвижного состава. Осмотр, освидетельствование, ремонт, формирование»; СТП 09150.56.157–2010 «Колесные пары железнодорожно-строительных машин фирмы «Плассер и Тойрер». Осмотр, освидетельствование, ремонт, формирование»), которые действуют на Белорусской железной дороге.

УДК 629.4.015

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

*А. П. ДЕДИНКИН, А. В. ПУТЯТО, Н. С. ДУБРОВ, А. Р. ШАЙДАКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Железнодорожный транспорт является одним из крупнейших в стране потребителей дизельного топлива и электрической энергии, расходуемых главным образом на тягу поездов. Расход энергоресурсов на тягу поездов зависит не только от технических характеристик подвижного состава, но и ряда эксплуатационных факторов, установление и оценка которых позволяет совершенствовать существующую систему нормирования энергопотребления, обеспечивать возможность объективной оценки работы локомотивных бригад и технического состояния подвижного состава, а также принимать эффективные решения по экономии энергоресурсов.

Среди факторов, оказывающих влияние на расход энергоресурсов за поездку, например в пассажирском движении, следует выделить: приведенный уклон участка следования поезда, перевозочную работу, массу состава брутто, пробег, техническую и участковую скорости движения поезда, количество остановок поезда на промежуточных станциях, количество предупреждений, нагон, температуру наружного воздуха, скорость и направление ветра, техническое состояние ло-

комотива, квалификацию локомотивной бригады и др. Учет в расходе энергоресурсов каждого из факторов требует тщательного системного анализа, поскольку многие из перечисленных выше взаимосвязаны между собой.

Применяемые методики позволяют оценить влияние на расход энергоресурсов за поездку как количественных, так и качественных эксплуатационных факторов. Отметим, что зачастую оценка ряда факторов носит приближенный характер или выполняется методом экспертных оценок. Широкое распространение для прогнозирования расхода дизельного топлива и электрической энергии за поездку получили методы математической статистики, алгоритмы нейронных сетей и т. п. В то же время влияние метеорологических факторов, например температуры наружного воздуха, скорости и направления ветра, интенсивности и вида осадков на энергопотребление тягового подвижного состава, исследованы недостаточно и в настоящее время практически не используются в оценке эффективности его работы.

За последние годы Белорусской железной дорогой вложены значительные средства в обновление и модернизацию парка тягового подвижного состава. Введены в эксплуатацию локомотивы, дизель- и электропоезда различных ведущих мировых производителей: Stadler Rail AG (Швейцария), PESA Bydgoszcz SA (Польша), CRRC Datong CO. (Китай). Конструкционная скорость движения инновационного подвижного состава составляет 160 км/ч и более. В 2015 году на территории Республики Беларусь вступили в действие Правила технической эксплуатации железной дороги, предусматривающие увеличение скорости движения до 250 км/ч. Эксплуатация подвижного состава на высоких скоростях предъявляет повышенные требования к его обслуживанию, квалификации локомотивных бригад, а также прогнозу энергопотребления.

Развитие цифровых технологий и методов компьютерного моделирования технических систем позволяет более детально и комплексно выполнять оценку влияния погодных условий на расход энергоресурсов за поездку в тяге поездов. В качестве примера рассмотрим оценку аэродинамического сопротивления при движении пассажирских локомотивов серии ТЭП70 (ТЭП70БС), суммарное ежемесячное потребление дизельного топлива которыми на Белорусской железной дороге достигает 1,5 тыс. т.

Отметим, что для оценки влияния скорости ветра на движущееся транспортное средство применяются экспериментальные и расчетные методы. Учитывая развитие вычислительной техники, наибольшее распространение получили численные методы расчетов, в том числе аэродинамики транспортных средств и их конструктивных элементов. Компьютерное моделирование выполнено с использованием программного комплекса ANSYS Workbench.

На первом этапе разработана геометрическая модель внешнего контура секции тепловоза серии ТЭП70. С математической точки зрения задача обтекания кузова локомотива набегающим потоком воздуха заключается в решении системы уравнений Навье – Стокса в рассматриваемой области. Под рассматриваемой областью понимается объем воздуха, окружающего локомотив, с исключенным из него объемом кузова тепловоза, так как относительно набегающего потока внешний контур локомотива считается абсолютно жестким.

После создания геометрии секции тепловоза на следующем этапе создается геометрия объема воздуха, окружающего локомотив. Для этого выполняется новый эскиз с помощью инструмента эскиза, в котором определяется прямоугольная в плане область. Размер данного прямоугольника в дальнейшем определяет размеры расчетной области. Величину ширины и высоты построенного прямоугольника возможно брать условно произвольно исходя лишь из тех соображений, что область полностью должна охватывать секцию тепловоза с запасом в 2–3 длины по всем направлениям (в настоящее время определяются оптимальные размеры области для исследуемого подвижного состава). Из построенного объема вырезается область, которую занимает секция тепловоза, и модель импортируется на следующий этап – создание сетки конечных элементов.

Построенная геометрическая модель разбивается на конечные элементы. Программное обеспечение, наряду с возможностью автоматического получения сетки, позволяет управлять их размером и формой в ручном режиме. Размер элемента при решении конкретной задачи необходимо выбирать на основе анализа сеточной сходимости, то есть подбирать такую сетку, которая влияет на результаты расчета в рамках допустимой погрешности, задаваемой исследователем. Для моделирования пограничного слоя на поверхности локомотива создано несколько слоев тонких призматических элементов.

После создания сетки конечных элементов в модели заданы граничные условия и свойства набегающего потока. Для предварительной оценки работоспособности модели задана постоянная

скорость набегающего потока на входе в рабочую область и нулевое давление на выходе. Граничные условия прилипания установлены для контура секции тепловоза. На рисунке 1 приведены результаты оценки внешней аэродинамики секции тепловоза серии ТЭП70 при лобовом ветре 10 м/с. Отметим, что для рассмотренного случая сила сопротивления движению по оси X составила 550 Н, а вертикальная сила – 495 Н, причем последняя «прижимает» локомотив к рельсовой колее.

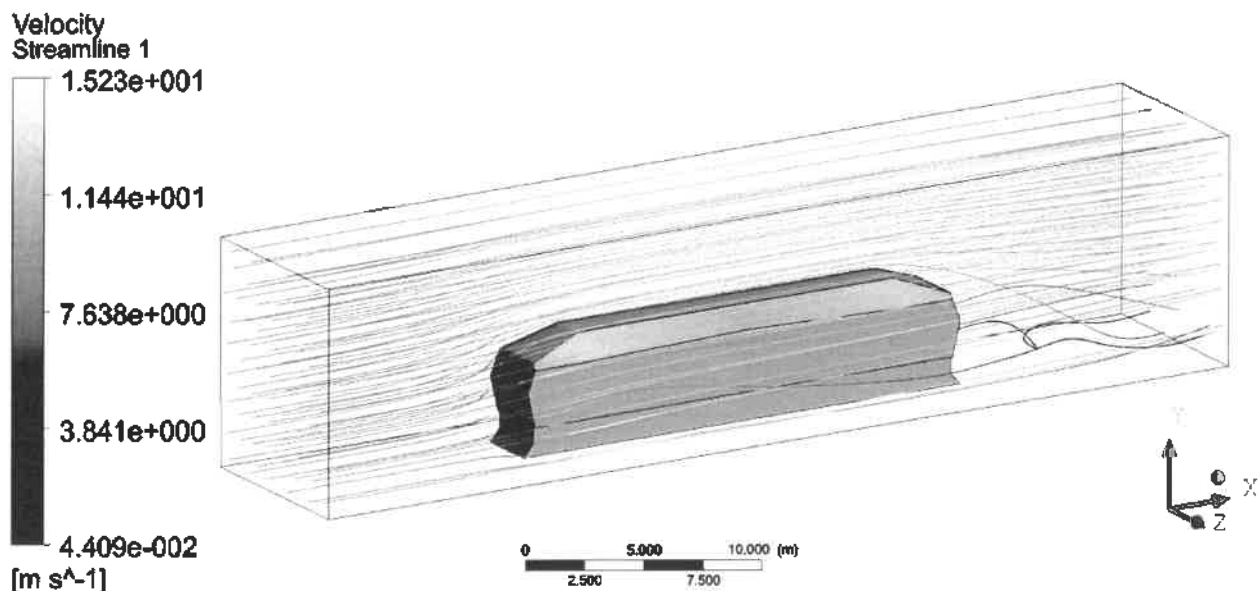


Рисунок 1 – Графическая интерпретация скорости ветрового потока, м/с

Таким образом, получаемые результаты компьютерного моделирования внешней аэродинамики локомотива позволяют использовать данные модели для оценки влияния внешних ветровых воздействий на расход энергоресурсов подвижным составом, эксплуатируемым в условиях Белорусской железной дороги.

УДК 625.8

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА

Д. Г. ЕВСЕЕВ, А. В. БАРЫШНИКОВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Пассажирский железнодорожный транспорт на сегодня является наименее защищенным от негативных последствий аварийного столкновения с препятствием. Ввиду низкого уровня развития систем по обеспечению безопасности пассажиров и подвижного состава необходимо детальное исследование проблемы транспортной безопасности и разработка комплекса пассивной защиты, включающего в себя устройства поглощения энергии.

Первым этапом в исследовании вопроса по обеспечению технической безопасности является анализ основных нормативных документов, отражающих требования пассивной безопасности, предъявляемых к подвижному составу. Современный подвижной состав, эксплуатирующийся на железных дорогах Европы, должен соответствовать стандартам EN12663:2000 и EN15227:200807; в США – кодексу федерального регулирования 49CFR. В России одним из первых документов, отражающих требования пассивной безопасности, было распоряжение ОАО «РЖД» № 820р от 4 апреля 2010 г. Об утверждении технических требований к системе пассивной безопасности подвижного состава для пассажирских перевозок железных дорог колеи 1520 мм, однако это был первый шаг в создании нормативного документа федерального значения, обязательного для исполнения всеми собственниками подвижного состава и перевозчиками, поэтому 01.07.2014 г. в России был

введен в действие ГОСТ 32410–2013 «Крэш-системы аварийные железнодорожного подвижного состава для пассажирских перевозок».

Сравнительный анализ вышеперечисленных нормативных документов, регламентирующих требования, предъявляемые к устройствам пассивной защиты, показывает, что существующие сценарии столкновения в полной мере не учитывают все возможные случаи аварийных столкновений. Основываясь на данных статистики аварийных происшествий с участием железнодорожного транспорта и условий эксплуатации отечественного подвижного состава, следует существенно расширить возможные сценарии столкновений.

В качестве основных видов препятствий следует принять:

- препятствие № 1 – крупное животное массой 1 т;
- препятствие № 2 – легковой автомобиль массой 2 т;
- препятствие № 3 – грузовой автомобиль массой 15 т;
- препятствие № 4 – тяжеловесный грузовой автомобиль массой 30 т;
- препятствие № 5 – грузовой вагон без буферов массой 80 т;
- препятствие № 6 – аналогичный неподвижный состав поезда различной массы.

Вторым этапом является оценка параметров устройств поглощения энергии в результате аварийного столкновения пассажирского поезда с препятствием. Преимущественное значение приобретают расчетные методы анализа процессов аварийного столкновения из-за дороговизны натурных и стендовых испытаний. При проектировании системы пассивной безопасности, как правило, выполняются следующие основные расчетные этапы:

- предварительная оценка энергоемкости и других параметров устройств поглощения энергии аварийного столкновения;
- исследования продольной динамики состава при аварийном столкновении;
- анализ деформирования устройств поглощения энергии;
- оценка прочности и несущей способности кузовов и кабин.

После проведения всех подготовительных расчетов переходят к проектированию комплекса устройств по обеспечению пассивной безопасности. На сегодня наиболее сбалансированным и рациональным для применения является установка жертвенных элементов, которые пластически деформируются в результате воздействия на них сверхнормативных ударных нагрузок. В качестве прототипа подобного устройства авторами статьи предложена оригинальная конструкция трехступенчатого деформируемого буфера (рисунок 1). Патент на полезную модель № 185514.

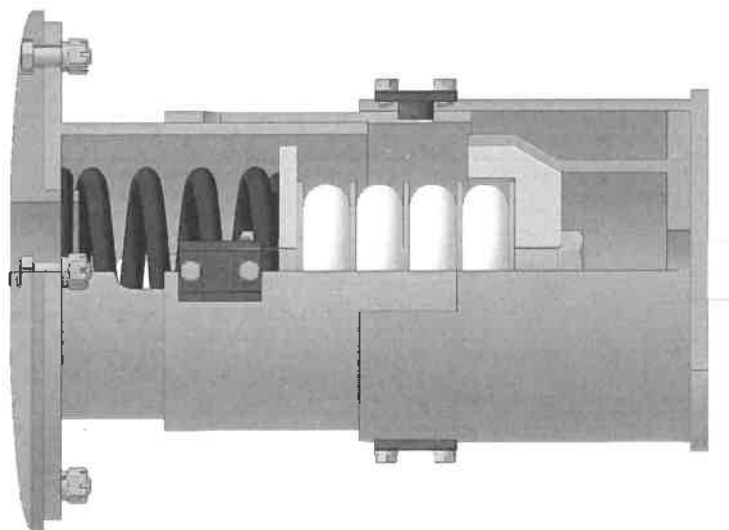


Рисунок 1 – Модель энергопоглощающего буфера

В работе буфера предполагается три ступени:

- 1-я – работа винтовой цилиндрической пружины жесткостью с $1 = 95,8 \text{ Н/мм}$, имеющей ход 65 мм.
- 2-я – работа комплекта упругих элементов Miner TecсPак в количестве 4 штук.
- 3-я – работа деформируемого элемента.

Для оценки эффективности и целесообразности применения данной модели буфера авторами статьи была разработана математическая модель его работы, позволяющая определить требуемую энергоемкость деформируемого буфера предлагаемой конструкции.

В результате расчетов установлены количественные показатели энергоемкости буфера предлагаемой конструкции: $E_{\text{сумм}} = 57,42$ кДж при максимальной длине деформации, равной 90 мм. Данное значение энергоемкости выше, чем у резинометаллических поглощающих аппаратов Р-5П, имеющих ход 80 мм и обладающих энергоемкостью 40 кДж.

Итоговой частью является оценка эффективности применения устройства поглощения энергии УПЭ. Спроектированная конструкция УПЭ в полной мере обеспечивает защиту пассажирских вагонов, так как по данным численных расчетов минимальная требуемая энергоемкость всех установленных на вагоне УПЭ должна быть не менее 242 кДж. Вагон, оборудованный предложенным УПЭ, имеет суммарную энергоемкость 309 кДж. Также установлены значения максимальной безопасной скорости подвижного состава в момент удара. При этом в самой неблагоприятной ситуации при обнаружении препятствия на расстоянии в 96,34 м – минимальное расстояние зоны видимости препятствия – разница между значениями максимальной безопасной скорости движения поезда для составов, оборудованных УПЭ и не оборудованных ими, составляет: 10,3 % – при столкновении с аналогичным составом, 17 % – с грузовым вагоном массой 80 т, 25 % – с грузовым автомобилем массой 30 т, 31 % – с грузовым автомобилем массой 15 т, более 41 % – при столкновениях с небольшими препятствиями (легковой автомобиль, крупное животное). Применение в качестве УПЭ трехступенчатого деформируемого буфера наиболее целесообразно в случаях столкновения с препятствиями массой от 10 до 80 т. При столкновении с небольшими препятствиями УПЭ практически не срабатывают, поглощение энергии обеспечивается за счет штатно установленных поглощающих аппаратов. Для случая столкновения с аналогичным составом УПЭ способно обеспечить защиту пассажиров при сравнительно небольших скоростях порядка 10–20 км/ч. Следует отметить, что применение подобных систем позволит в значительной мере снизить вероятность травмирования пассажиров в результате аварийных столкновений подвижного состава с различными препятствиями.

УДК 629.44/45:656.2.08

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРАВИЛА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ (ПТЭ)» СТУДЕНТАМИ-ВАГОННИКАМИ

Т. В. ЗАХАРОВА

Белорусский государственный университет транспорта г. Гомель

Цель обучения – подготовка специалистов широкого профиля, которые могли бы владеть глубокими знаниями, выбирать в информационном потоке главное, уметь правильно применить на практике знания и навыки из теоретически усвоенного материала, делать правильные выводы.

Задачами дисциплины «ПТЭ» являются: ознакомление с нормативно-правовой документацией в области безопасности движения, изучение неблагоприятных факторов, влияющих на безопасность движения при конструировании вагонов и в процессе их эксплуатации, воспитание творческого подхода к решению вопросов, связанных с безопасностью движения на транспорте.

Анализ причин крушений и аварий, транспортных и иных событий заставляет будущих специалистов задуматься об ответственности работы на железнодорожном транспорте.

Студентам-вагонникам излагается материал о влиянии конструктивных особенностей вагонов на безопасность движения, поэтому в ранее изучаемой дисциплине «Конструкция, теория и расчет вагонов», рассматриваются недостатки, выявленные в процессе эксплуатации на железных дорогах, различных моделей вагонов и пути их устранения в новых конструкциях.

По дисциплине «ПТЭ» рассматриваются аварии и крушения, вызванные несовершенством конструктивного исполнения вагонов.

Особое внимание уделяется наиболее ответственным частям вагонов: тележкам, автосцепному устройству, тормозам; анализируются конструкции рессорного подвешивания, колесных пар, буксовых узлов, сварных (в основном у пассажирских) и литых боковых рам у грузовых вагонов, поглощающих аппаратов и т. д.

В связи с повышением скоростей движения пассажирских и грузовых поездов критерии безопасности перевозок и требования к надежности подвижного состава повышаются.

Важными являются вопросы экологической безопасности при эксплуатации вагонов. Значительную опасность для окружающей среды представляют крушения и аварии, связанные с пробоем котла у вагонов цистерн. Рассмотрение вопросов экологии способствует формированию у студентов ответственности к окружающей среде.

Современный подход к изучению дисциплины предполагает производить анализ безопасности при помощи перспективных, в том числе математических методов решения задач.

Метод экспертных оценок позволяет установить сложившиеся в результате практики наиболее неблагоприятные факторы, влияющие на безопасность движения, в т. ч. в вагонном хозяйстве.

Безопасность движения зависит от совместного влияния большого числа факторов (технических, организационных, социологических и др.), неоднородных по своей структуре и степени влияния. Для определения наиболее значимых факторов; воздействующих на изучаемую величину, целесообразно использовать метод экспертных оценок.

Начальной стадией факторного анализа (метода экспертных оценок) является составление наиболее полного списка факторов. Факторы могут быть неравнозначными по степени их влияния на безопасность движения, поэтому несущественные из них не учитываются на основе объективного анализа.

Поскольку имеем дело со сложной и многогранной проблемой то требуется четкое определение факторов.

Студентам предлагается с помощью преподавателя или имеющих практический опыт студентов составить список факторов, влияющих на безопасность движения.

Следующей стадией является составление экспертного листа, чтобы каждый учащийся мог оценить сравнительную степень влияния каждого из факторов на изучаемую функцию путем расположения их в порядке убывания степени влияния. Каждый студент должен самостоятельно проранжировать эти факторы, т. е. присвоить факторам соответствующие ранги: наиболее влиятельному фактору присваивается ранг «1» и далее по мере убывания влияния – ранги «2», «3» и т. д.

Будущие специалисты должны уметь самостоятельно анализировать поставленные перед ними задачи, осуществлять творческий подход к их решению. Результаты оценивания факторов каждым студентом сводятся в таблицу, называемую «матрицей рангов».

По данным строки «Сумма рангов» студенты строят диаграмму убывания влияния факторов.

Для возможности априорного отсеивания факторов, которые не оказывают существенное влияния на изучаемый вопрос, наиболее благоприятным является случай быстрого экспоненциального падения степени их влияния на рассматриваемый вопрос.

Далее определяется коэффициент конкордации и проверяется гипотеза о наличии согласованности мнений экспертов для заранее заданного уровня значимости.

При согласованности мнений экспертов рассматриваются наиболее опасные факторы, и студенты на основании своего практического опыта или изучения литературы предлагают мероприятия, направленные на повышение безопасности движения.

Для графической интерпретации транспортных или иных событий за предыдущий год учащиеся строят диаграмму Парето, которая позволяет доступно оценить причины возникновения транспортных и иных событий, учесть их для повышения безопасности движения.

Построенная в процентном отношении диаграмма показывает, что на Белорусской железной дороге нарушения безопасности движения поездов и отказы технических средств по вагонному хозяйству за 2009–2018 годы продолжают снижаться благодаря мероприятиям, направленным на устранение причин, вызывающих транспортные или иные события.

Рассматривается перечень перспективных мероприятий, способствующих повышению качества ремонта и технического обслуживания подвижного состава на ПТО, эффективности работы постов безопасности по выявлению неисправностей во время движения поезда.

Будущие инженеры активно участвуют в научной студенческой конференции, обсуждают вопросы, связанные с влиянием конструктивных особенностей вагонов, содержания вагонов в процессе эксплуатации, неразрушающего контроля и технической диагностики на безопасность движения.

Темы докладов вызывают интерес учащихся. При подготовке докладов студенты знакомятся с новейшими достижениями в области вагоностроения, неразрушающего контроля и технической диагностики, рассматривают патенты по темам докладов.

Для определения причин возникновения проблемы, влияющей на безопасность движения, и их анализа докладчики строят диаграммы Исикавы, которые позволяют визуализировать и оценивать соотношения причинно-следственных связей.

Порядок построения диаграммы Исикавы следующий:

- выделяются категории проблем;
- эти категории детализируются; т. е. задается вопрос «в чем причина проблемы?».

В данном случае причины группируются в такие самостоятельные категории: человек, материалы, технология производства, вагон, методы, безопасность.

Категория «вагон» подразумевает износ, недостатки в конструкции, неправильную загрузку, плохое качество ремонта и т. д.

Далее на диаграмме в виде разветвлений изображаются причины износа деталей вагона и т. д.

Как инструмент анализа диаграмма Исикавы нужна при составлении плана мероприятий, способствующих повышению безопасности движения.

Этот метод широко применим при групповом обсуждении, что немаловажно для будущих специалистов.

Студенты и магистранты участвуют в разработке программ расчета конструкций вагона на прочность, анализируют статистические данные о нарушениях, приводящих к транспортным или иным событиям, результаты расчетов и выдвигают предложения по совершенствованию конструкции для повышения безопасности движения.

Современные реалии требуют от будущих специалистов, востребованных на рынке труда, высокого уровня знаний, профессионализма, готовности к самообразованию и самосовершенствованию, поэтому самостоятельная работа и знание методов решения задач безопасности движения, способствуют получению студентами глубоких и прочных знаний, формированию творческой активности и самостоятельности.

УДК 629.4:(575.1)

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «УЗБЕКИСТАН ТЕМИР ЙУЛЛАРИ»

С. Г. ИНАГАМОВ, А. А. ЮЛДАШОВ

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Республика Узбекистан

Акционерное общество «Узбекистан темир йуллари» является основным звеном экономики Республики Узбекистан. 70 % перевозок (зерно, древесина, металл и уголь, а также химические продукты и другие стратегические материалы) осуществляется железнодорожным транспортом. В процессе перевозок приоритетны скорость и качество доставки. Для этого необходимы современные вагоны разных типов.

Акционерное общество «УТЙ» для осуществления перевозочного процесса располагает парком грузовых, в том числе изотермических, вагонов в количестве 23 тысяч. Для обеспечения потребностей грузоотправителей на заводах общества ведется работа по обновлению подвижного состава путем изготовления новых вагонов. АО «Ташкентский завод по строительству и ремонту пассажирских вагонов» выпускает пассажирские вагоны, дочернее предприятие (ДП) «Ташкентский литейно-механический завод» – крытые и полувагоны, ДП «Андижанский механический завод» – крытые и цистерны.

В 2017–2018 годы было изготовлено: полувагонов – 300 шт., крытых вагонов – 50 шт., хопперов – 150 шт., пассажирских – 180 шт.

В конструкции вагонов используются следующие виды тормозов: пневматические, электропневматические колодочные и дисковые. Все используемые тормозные приборы импортируются из стран СНГ.

Тормозное оборудование – воздухораспределители № 483 (всех серий) грузовые различных модификаций. Грузовые и пассажирские воздухораспределители различаются характеристиками процессов изменения давления в тормозных цилиндрах при торможении и отпуске.

Воздухораспределитель грузового типа должен отвечать следующим требованиям [1, 2]:

- обеспечивать скорость тормозной волны не менее 250 м/с;
- приходить в действие при снижении давления в тормозной магистрали темпом 0,006–0,05 м/с;
- с целью ускорения процесса наполнения тормозных цилиндров обеспечивать глубину дополнительной разрядки 0,05–0,06 МПа;
- максимальное давление в тормозном цилиндре должно возникать при снижении зарядного давления на 0,13–0,15 МПа;
- служебное ступенчатое торможение должно происходить при меньшей величине разрядки тормозной магистрали;
- максимальное давление в тормозном цилиндре должно быть 0,4–0,42 МПа за 15–20 с после срабатывания на груженом режиме воздухораспределителя, 0,28–0,32 – на среднем режиме и 0,14–0,18 – на порожнем режиме;
- при возможных утечках из тормозного цилиндра должно происходить его пополнение из запасного резервуара;
- бесступенчатый отпуск должен происходить за 35–50 с на равнинном режиме и ступенчатый за 45–60 с на горном режиме;
- воздухораспределитель должен иметь отпускной клапан для отпуска тормоза вручную.

В настоящее время поступили в эксплуатацию воздухораспределители № 242 пассажирского типа, которые полностью взаимозаменяемы с автоматическими истощимыми непрямодействующими воздухораспределителями мягкого типа № 292–001.

Эти приборы обеспечивают:

- полный бесступенчатый отпуск тормоза после служебного торможения при повышении давления в тормозной магистрали на 0,02–0,03 МПа;
- время наполнения сжатым воздухом тормозного цилиндра до 95 % максимального давления – 5–7 с;
- скорость тормозной волны – 250 м/с, что не меньше скорости воздушной волны в тормозной магистрали;
- срабатывание на ступенчатое торможение при минимальном снижении давления воздуха в тормозной магистрали – на 0,03 МПа;
- наличие короткосоставного и длинносоставного режимов работы;
- возможность использования противоюзного и авторежимного устройств;
- использование резиновых диафрагм, прокладок и манжет, уже применяемых в эксплуатации для тормозных приборов;
- использование для проверки и испытания типовых стендов, применяемых при ремонте воздухораспределителей.

Список литературы

1 Расчет и проектирование пневматической и механической частей тормозов вагонов / П. С. Анисимов [и др.] ; под ред. П. С. Анисимова. – М. : Маршрут, 2005. – 248 с.

2 Галай, Э. И. Тормозные системы железнодорожного транспорта. Конструкция тормозного оборудования : учеб. пособие / Э. И. Галай, Е. Э. Галай. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 315 с.

УДК 629.463

О КОНТРОЛЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ КОНТЕЙНЕРОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В. Н. ИЩЕНКО, Н. С. БРАЙКОВСКАЯ, В. Е. ОСЬМАК

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Сложившаяся к настоящему времени ситуация с перевозками скоропортящихся грузов по железным дорогам приводит к тому, что участие в них рефрижераторного подвижного состава, из-за его несоответствия современным эксплуатационным техническим требованиям, а также более высокого, чем у одиночных изотермических транспортных средств величины тарифа, из года в год уменьшается. Возникла необходимость в современных транспортных средствах и технологиях

ускоренных доставок скоропортящихся грузов, преимущественно малыми партиями до 25–30 т, точно в срок и «от двери до двери». За счет технической реконструкции транспорта определилось новое направление в организации перевозок – широкое применение контейнеров. Наряду с массовым внедрением большегрузных универсальных контейнеров стали применяться и изотермические контейнеры. Строительство изотермических контейнеров развивается по трем направлениям:

- контейнеры с машинным охлаждением (контейнеры-рефрижераторы);
- контейнеры с охлаждением жидкими газами;
- контейнеры – термосы без приборов охлаждения.

Независимо от модели теплозащитные качества ограждения корпуса изотермического контейнера определяются конструкцией ограждающих поверхностей, теплоизоляционными материалами, технологией изготовления и размерами закрывающихся дверей.

Теплоизоляционные свойства ограждающих конструкций и относительная герметичность являются основными теплотехническими характеристиками корпусов изотермических контейнеров, определяющими их эксплуатационные качества.

В процессе эксплуатации изотермического контейнера происходят изменения теплоизоляционных показателей ограждающих конструкций в результате старения термоизоляции, обусловленного многократными изменениями температуры и возникающими при этом температурными напряжениями, массообменом вследствие увлажнения и сушки термоизоляционного материала, вибрационным воздействием и рядом других факторов, связанных с химическими и физико-техническими свойствами материалов конструкции.

При постройке и ремонте изотермических контейнеров осуществляется эффективный контроль за качеством корпусов по теплотехническим показателям, к которым относятся средний коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций, что позволяет выявить дефекты в термоизоляции при изготовлении и ремонте корпуса.

Относительная герметичность корпуса является существенным показателем, влияющим на тепловой баланс контейнера в движении. Для сравнительной оценки относительной герметичности корпусов контейнеров применяют методы определения объема инфильтрации воздуха в регламентированных условиях.

В практике эксплуатации изотермических транспортных средств теплозащитные качества корпуса (кузова) производят экспериментальным определением следующих характеристик: среднего коэффициента теплопередачи и плотности ограждения.

Определить средний коэффициент теплопередачи при испытании корпуса изотермического контейнера можно методами охлаждения и нагревания воздуха внутри грузового помещения.

Метод внутреннего нагревания имеет преимущество в его простоте, так как теплопроизводительность электропечей, установленных внутри корпуса, легко и быстро регулируется.

Испытания корпуса следует проводить при стационарном состоянии объекта, когда все мощности и температуры остаются неизменными во времени. Если это состояние не достигнуто, погрешность в определении среднего коэффициента теплопередачи может быть значительной. Причиной такой погрешности является тепловая инерция корпуса и связанная с этим аккумуляция теплоты. Для проведения теплотехнических испытаний изотермических контейнеров в условиях вагоноремонтного предприятия были разработаны программа и методика.

Программа и методика теплотехнических испытаний изотермических контейнеров содержит: описание объекта испытаний; цель испытаний и область применения; условия проведения испытаний; определяемые характеристики; средства испытаний; порядок проведения испытаний; обработка опытных данных и анализ результатов испытаний; требования безопасности и охраны окружающей среды; отчетность по испытаниям.

Объектом испытания является изотермический контейнер с машинным охлаждением, предназначенный для перевозки скоропортящихся грузов. Целью теплотехнических испытаний контейнера является определение соответствия среднего коэффициента теплопередачи ограждения корпуса нормативной конструкторской документации. Основной задачей теплотехнических испытаний является определение эффективности теплотехнических характеристик теплового ограждения корпуса контейнера. Испытания контейнера производятся в условиях стоянки в закрытом помещении. Нагрев воздуха в корпусе контейнера для получения стабильного перепада между температурами воздуха внутри и снаружи вагона осуществляется путем установки электропечей с условием равномерного распределения температур воздуха. В процессе испытаний ведется рабочий журнал, в ко-

торый заносятся результаты проводимых испытаний. Условием прекращения испытаний является получение полного объема экспериментальных данных, предусмотренных разработанной программой и методикой испытаний.

При теплотехнических испытаниях определяется средний коэффициент теплопередачи ограждений корпуса, контролируются следующие параметры: температура внутри грузового помещения корпуса, которая не должна превышать $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$; температура снаружи грузового помещения; время нагрева внутри грузового помещения; расход электроэнергии; соответствие конструкции требованиям безопасности при обслуживании.

При проведении теплотехнических испытаний используются следующие средства испытаний: электронагревательные устройства, датчики температуры, счетчик электрической энергии.

При подготовке испытываемого контейнера к теплотехническим испытаниям определяют суммарную мощность и количество электронагревательных устройств. Расчет среднего коэффициента теплопередачи осуществляется по формуле исходя из расхода электроэнергии, среднегеометрического значения площади поверхности кузова, времени расчетного периода, перепада температуры воздуха внутри грузового помещения и снаружи контейнера. Анализ и оценка результатов испытания по определению среднего коэффициента теплопередачи ограждений корпуса контейнера производится путем сопоставления полученных данных с требованиями нормативно-технической документации.

Методы оценки плотности корпусов изотермических контейнеров можно разделить на две группы: оценивающие воздухообмен при действительных тепловых процессах в корпусах изотермических контейнеров и косвенные, позволяющие сравнить между собой плотность кузова, но не определяющие воздухообмен.

В настоящее время существует ряд быстрых и точных искусственных методов оценки герметичности изотермических транспортных средств, однако надежного метода оценки воздухообмена корпуса (кузова) изотермических транспортных средств с внешней средой в действительном тепловом процессе пока не существует.

Наиболее распространенным методом оценки герметичности корпуса (кузова) изотермических транспортных средств является метод испытания надувом избыточным давлением.

В условиях вагоноремонтных предприятий наиболее целесообразна оценка плотности корпуса контейнера по созданию и определению времени поддержания нормированного избыточного давления, при этом измеряется расход воздуха, подаваемого в корпус контейнера и фильтрующего сквозь ограждение. Расход воздуха является в этом случае параметром, определяющим герметичность кузова. Величину допустимого расхода воздуха через неплотности нормируют в зависимости от модели изотермического контейнера.

Существующие методы теплотехнического контроля, базирующиеся на использовании как равновесных, так и неравновесных режимов дают интегральную оценку качества ограждающих конструкций в целом всего корпуса контейнера, не характеризуя теплоизоляционные качества отдельных элементов ограждения. Поэтому возникает необходимость в разработке дополнительных методов контроля, позволяющих оценивать теплотехнические качества отдельных элементов ограждений корпуса (кузова) изотермических транспортных средств.

УДК 656.34

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ТРАМВАЯ ЗА СЧЁТ УЛУЧШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ ТОРМОЗА

Д. В. КАПСКИЙ, С. А. РЫНКЕВИЧ, Е. Н. КОТ, С. С. СЕМЧЕНКОВ
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

При конструировании транспортных средств большое внимание уделяется тормозным системам. По назначению принято выделять три режима торможения: служебное, экстренное, стояночное. Наряду с общими, каждый из этих режимов предъявляет к тормозным системам свои специфические требования. Большое значение с точки зрения эксплуатационных показателей работы тормозов имеет способность осуществления торможения без потери устойчивости транспортных средств на дорожном покрытии. Данный вопрос является не менее актуальным и при торможении рельсо-

вых транспортных средств (далее – трамвай), и в этом случае идёт речь о сохранении их устойчивости при торможении на рельсовом полотне.

Подвижной состав трамвая, который эксплуатируется в Республике Беларусь, оборудован следующими видами тормоза: электрическим тормозом (электрическое торможение), механическим тормозом – барабанный колодочный или дисковый тормозной механизм с соленоидным или гидравлическим приводом, действующим на оттормаживание (механическое торможение), электромагнитным рельсовым тормозом (магнитно-рельсовое торможение).

При механическом и электрическом торможении реализация тормозной силы происходит через сцепление колёс с рельсами, так как механизмы данных видов торможения так или иначе воздействуют на тяговую передачу и колёсную пару трамвая. Величина коэффициента сцепления в значительной степени зависит от состояния поверхностей катания бандажа и рельса и, менее значительно, от скорости движения колеса по рельсу (в диапазоне скоростей, характерных для трамвая). В отличие от железнодорожных линий, ограждённых от дорожного движения с помощью специальных технических средств, трамвайные линии предусматривают непосредственное участие подвижного состава трамвая в дорожном движении, особенно в случаях, когда рельсовый путь проложен посередине проезжей части.

Для обеспечения безопасности движения в контексте постоянно изменяющихся условий движения и дорожной обстановки необходимо добиваться повышения величины замедления подвижного состава при торможении и гарантированного поддержания её в относительно постоянных пределах. Это возможно двумя путями: используя электрическое или механическое торможение с повышением коэффициента сцепления (подачей песка на рельсы); применяя другие виды торможения, которые реализуют тормозную силу без участия пары «колесо – рельс».

При неблагоприятных условиях движения, вызванных загрязнённым состоянием пути, резко ухудшается сцепление колёс трамвая с рельсами, при этом трамвай при торможении значительно подвержен юзу. Из практики известно, что для вывода трамвая из юза можно использовать метод управления трамваем «перетормаживание», когда водителем сначала выключается режим торможения, а последующее его включение производится с меньшей тормозной силой (тормозным током) и сопровождается подачей песка на рельсы. Однако в условиях городского движения этот метод не всегда оправдан и часто небезопасен.

Преимуществом рельсового транспорта является возможность применения магнитно-рельсового торможения. Эффективность электромагнитного рельсового тормоза в значительной мере зависит от состояния поверхности рельсов и поверхности башмаков. Известно, что сила притяжения каждого тормозного башмака к рельсу составляет 48000–52000 Н для рельсового тормоза, применяемого на трамваях АКСМ-60102, и 64000–65000 Н – для рельсового тормоза, применяемого на трамваях АКСМ-84300М. В связи с этим более предпочтительным в случае возникновения юза является применение тормоза, который конструктивно реализует тормозную силу непосредственно между кузовом трамвая и рельсами (без участия системы «колесо – рельс»).

Однако в трамваях АКСМ-60102 управление тормозами осуществляется следующим образом:

- электрический тормоз приводится в действие путём установки рукоятки контроллера в зону, соответствующую электрическому торможению, изменением угла наклона рукоятки контроллера в пределах зоны электрического торможения достигается задание нужной величины тормозного тока;
- механический тормоз приводится в действие установкой рукоятки контроллера в положение механического торможения, которая находится за зоной электрического торможения с последующим переводом рукоятки контроллера в «нулевое» положение для достижения максимального тормозного эффекта (либо нажатием кнопки «ТОРМОЗ» на пульте водителя);
- электромагнитный рельсовый тормоз приводится в действие только установкой рукоятки контроллера в положение экстренного торможения или при отпуске педали безопасности.

В рассматриваемой схеме работы при задействовании электромагнитного рельсового тормоза происходит электрическое торможение с максимальным заданием тормозного тока, в полную силу действует механическое торможение и сам электромагнитный рельсовый тормоз, кроме того, подаётся песок на рельсы и включается звонок. В связи с тем, что механический тормоз будет действовать в полную силу, блокируя колёсные пары, он будет способствовать дальнейшему развитию процесса срыва сцепления и образованию на поверхности катания колеса ползунов. Кроме того, в действующих конструкциях трамваев отключить механический тормоз (действующий при этом в полную силу) можно только путём включения трамвая в режим хода. Таким образом, использова-

ние электромагнитного рельсового тормоза для вывода вагона из юза становится малоэффективным: будет осуществляться исключительно магнитно-рельсовое торможение, при этом колёсные пары, заблокированные механическим тормозом, будут «скользить» по рельсам, выходя из строя. Таким образом, в существующей схеме работы использование электромагнитного рельсового тормоза возможно только в режиме экстренного торможения. При этом преимущества магнитно-рельсового торможения не используются.

Учитывая вышеизложенное, актуальным является решение установки в правой части пульта водителя рукоятки независимого управления электромагнитным рельсовым тормозом. Рукоятка может иметь три положения, при отпуске она должна сама возвращаться в нейтральное положение (выключено). При установке рукоятки в верхнее положение должен работать электромагнитный рельсовый тормоз (при этом звонок отключён). При установке рукоятки в нижнее положение должен включаться режим экстренного торможения (электрический тормоз, электромагнитный рельсовый тормоз, песочница). Также возможно предусмотреть и дополнительные положения рукоятки, которые будут обеспечивать раздельное (по тележкам) включение электромагнитного рельсового тормоза в кратковременном режиме.

В предложенной схеме в случае служебного торможения водителю для восстановления сцепления достаточно будет применить в течение небольшого промежутка времени торможение электромагнитным рельсовым тормозом, включая его короткими импульсами, переводя рукоятку в положение «вверх». В результате снижения скорости движения трамвая, при искусственном увеличении его сцепного веса, трамвай «выйдет из юза», после чего применение электромагнитного рельсового тормоза можно прекратить. Кроме того, применяя магнитно-рельсовое торможение отдельно от других видов тормоза, можно получить достаточно «мягкие» и комфортные для пассажиров тормозные характеристики. При этом водитель сам может регулировать замедление трамвая, выбирая продолжительность включения электромагнитного рельсового тормоза.

Для повышения надёжности тормозных систем трамвая также предлагается предусматривать резервирование системы электромагнитного рельсового тормоза, выделив и подключив аппараты управления, исполнительные механизмы, обмотки башмаков рельсового тормоза через дополнительные автоматические выключатели непосредственно к аккумуляторной батарее трамвая.

Список литературы

- 1 Ефремов, И. С. Технические средства городского электрического транспорта / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. В. Шевченко. – М. : Высш. шк. 1985. – 448 с. : ил.
- 2 Рынкевич, С. А. Проектирование, эксплуатация и диагностика мобильных машин : [монография] / С. А. Рынкевич, В. В. Кутузов. – Могилёв : Белорусско-Российский университет, 2016. – 224 с.
- 3 Трамвайная система г. Минска – проблемы и перспективы / Е. Н. Кот, С. С. Семченков, В. Ю. Ромейко // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XXIV Междунар. (XXVII Екатеринбургской, II Минской) науч.-практ. конференции ; междунар. редкол. : Д. В. Капский (председатель) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 197–222.

УДК 629.4.053.2

БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЛОКОМОТИВНЫХ УСТРОЙСТВ БЕЗОПАСНОСТИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

М. Ю. КАПУСТИН, С. В. МАЛАХОВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

В Концепции комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога» (Концепция «ЦЖД») определено целевое состояние железнодорожного комплекса, которого следует достичь в процессе трансформации модели бизнеса холдинга «РЖД» к цифровому виду. Локомотивный комплекс присутствует во всех аспектах развития бизнеса холдинга, но наиболее существенными с точки зрения автоматизации являются направления:

- малолюдные и безлюдные средства управления процессами;
- цифровые объекты, диагностика и планирование;
- оптимизация использования ресурсов.

Перспективные направления развития новых бортовых устройств безопасности описаны в Концепции развития локомотивных устройств безопасности, утверждённой распоряжением ОАО «РЖД» от 28.01.2019 г. № 123/р. В ходе цифровой трансформации следует изменить подход к созданию железнодорожных систем безопасности с учетом полного исключения человеческого фактора. Для этого требуется соблюсти несколько базовых принципов:

- переход к единой масштабируемой модульной системе. В настоящее время функции разделены по локомотивным устройствам безопасности (ЛУБ) и микропроцессорным системам управления (МПСУ): КЛУБ-У – функции безопасности движения, УСАВП – функция автоведения, ТСКБМ – контроль бодрствования машиниста, САУТ – автоматическое служебное торможение, что приводит к избыточному выполнению простых функций. Отсутствие синхронизации по базовым измерительным величинам может привести к несогласованному управлению в граничных режимах. Переход к упорядоченной системной работе различных устройств в рамках единой платформы позволит достигнуть синергетического эффекта с точки зрения безопасности движения;

- переход к единому открытому стандартному интерфейсу взаимодействия между бортовыми системами и внутри систем. Применение такого интерфейса также оправдано с точки зрения обеспечения безопасности движения, так как позволяет не только реализовать прозрачный обмен информацией, но и упрощает доступ к данным систем неограниченному кругу потребителей, что обеспечит качественную доверительную среду. Последнее обстоятельство является очень важным с точки зрения контроля за корректной работой ЛУБ и МПСУ, так как возможные ошибки или аномалии на уровне программного обеспечения (ПО) после проведения обновления или в других случаях будут выявляться быстрее;

- интеграция с инфраструктурой, перенос функций с бортовых систем на центры обработки данных. Требования к МПСУ в части информационного обеспечения будут только повышаться, а для безлюдных технологий необходимо внедрение системы технического зрения, предсказательной технической диагностики подвижного состава, инфраструктуры, которые потребуют значительных вычислительных мощностей. Если пытаться решать эти задачи на борту локомотива, то затраты на оборудование, его ремонт и обслуживание, будут существенно возрастать, а выполнение требований по функциональной безопасности значительно усложнит решение поставленных задач. Отсутствие централизованной гиперконвергентной инфраструктуры приводит к дополнительным затратам на сбор, хранение, анализ (расшифровку) информации, при этом ресурс полезного применения полученных данных недоиспользован, что также оказывает влияние на безопасность движения. Связь с инфраструктурой позволит решить вопросы своевременного обновления ПО бортовых систем, в том числе и баз данных (электронных карт), в которых содержится важная для вопросов безопасности движения информация;

- широкое использование готового ПО. В условиях интенсивного развития рынка систем автоматического управления становится очевидно, что цикл разработки МПСУ должен сокращаться. Поэтому полный цикл разработки ПО в настоящее время могут позволить только крупные корпорации, для которых эта сфера является основным направлением бизнеса. Использование готовых модулей ПО приведет в конечном счете к снижению стоимости разработки и повышению качества ЛУБ и МПСУ. Это также приведет к увеличению киберзащищенности систем и в итоге к повышению уровня безопасности за счет широкой распространенности кода;

- упрощенная конструкция и минимизация аппаратного обеспечения. Эксплуатируемые МПСУ и ЛУБ представляют в структурном виде многоэлементные системы, выполненные на маломощных микроконтроллерах. В годы проектирования этих систем и устройств не требовалось реализовывать сложные функции: предиктивная диагностика подвижного состава и инфраструктуры, техническое зрение, распознавание речи, моделирование движения и т. д. Наиболее тяжелой функцией в части производительности являлась дешифрация сигналов рельсовых цепей. Для большей ремонтпригодности системы строились из блоков, которые заменялись в случае отказа. В безопасном локомотивном объединенном комплексе (БЛОК) были устранены некоторые недостатки и сокращена аппаратная часть, но основные недостатки остались: отсутствует автоматическое обновление ПО, не реализован электронный журнал работы системы, существенно ограничен объем базы данных, отсутствие виртуализации ПО, наличие большого избыточного количества аппаратных блоков (плат) и др.;

- расширения функций диагностики подвижного состава и инфраструктуры. В штатных МПСУ и ЛУБ функции диагностики оборудования развиты на недостаточном уровне, а предсказательная

диагностика практически не реализована. На современном этапе и при переходе к беспилотному управлению недопустимо использовать системы без достаточного уровня диагностики объекта управления. Например, диагностика тормозных систем поезда должна обязательно быть реализована при управлении поездом машинистом в одно лицо и тем более при внедрении беспилотного управления. Также не используются возможности диагностики железнодорожной инфраструктуры путём сбора диагностических данных на борту подвижного состава. Возможности компьютерного зрения, измерения ускорений по трём направлениям, акустического, вибрационного и других методов позволят на ранних этапах фиксировать нарушения в содержании пути, стрелочных переводах, контактной подвески и др., что позволит вывести безопасность движения на новый, более высокий уровень;

– отделение функций, реализуемых по наивысшему уровню полноты функциональной безопасности в отдельный блок – блок безопасности движения (ББД). Этот блок представляет собой обособленный структурный элемент МПСУ, который взаимодействует с остальными элементами системы только в режиме чтения и может иметь собственные интерфейсы подключения к датчикам. Прототипом для ББД могут послужить существующие ЛУБ. ББД должен выполнять простые функции, обеспечивающие безопасность движения с учетом требований функциональной безопасности. Новые функции (предиктивная диагностика, контроль за работой тормозов поезда, контроль изменения плотности тормозной магистрали в пути следования, контроль доступа на локомотив персонала и т. д.), направленные на обеспечение безопасности движения, должны быть реализованы отдельно в блоке центрального вычислителя (БЦВ). Таким образом, создается двухуровневая иерархическая модель: «БЦВ – ББД», в которой при отказе функции безопасности на уровне БЦВ с уровнем полноты безопасности ниже, чем в ББД, происходит проверка на уровне ББД. И вероятность опасного отказа уменьшается, что автоматически повышает безопасность движения.

Решение задач цифровой трансформации железнодорожного комплекса и перехода к безлюдным технологиям может быть достигнуто только при пересмотре парадигмы разработки перспективных ЛУБ и МПСУ, с соблюдением вышеизложенных принципов, что в свою очередь позволит достичь следующих эффектов:

– вывести безопасность движения на новый, более высокий уровень при помощи: автоматической синхронизации данных ЛУБ и МПСУ с инфраструктурой без участия человека, своевременного предупреждения об аварийных или опасных ситуациях на инфраструктуре, автоматического определения препятствий на пути, минимизации экстренных торможений, исключение отправления поезда с неисправными тормозами, предупреждение отказов экипажной части тягового подвижного состава, влияющих на безопасность движения, и т. д.;

– сократить время на внедрение новых функций;

– снизить стоимость владения ЛУБ и МПСУ и ТПС в целом.

УДК 629.463

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКО-ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

С. В. КАРА, В. А. ПЕТРЕНКО

Филиал «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт железнодорожного транспорта» (филиал «НИКТИ») АО «Укрзалізниця», г. Киев

Эксплуатация грузовых вагонов со сроком службы, превышающим установленный заводом-изготовителем в полтора, два и более раз, требует использования более совершенных методов и технических средств диагностирования несущих металлоконструкций, проведения испытаний подвижного состава, математических методов оценки и прогнозирования характерных неисправностей.

Филиалом «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт железнодорожного транспорта» (филиал «НИКТИ») АО «Укрзалізниця» как головной научной организацией железнодорожного транспорта Украины выполняются работы по научно-технологическому сопровождению основных направлений деятельности железнодорожного транспорта, проведению

экспериментальных исследований подвижного состава с целью оценки остаточного ресурса и продления его срока службы, оценке показателей безопасности движения, оперативного проведения работ, направленных на определение причин различных транспортных происшествий. Научно-внедренческим центром (НВЦ) филиала «НИКТИ» используется современное калиброванное мобильное измерительное оборудование производства National Instruments (Модули АЦП, программируемые контроллеры и шасси) для возможности оперативного проведения испытаний в различных условиях, производится техническое диагностирование всех грузовых вагонов (и другого подвижного состава) собственности АО «Укрзалізниця», ведется анализ типов выявленных неисправностей, выполняется прогноз возможности появления и темпов развития характерных дефектов. НВЦ филиала «НИКТИ» АО «Укрзалізниця» аккредитован Национальным агентством по аккредитации Украины, имеет свидетельства Совета по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества на право проведения работ по техническому диагностированию с целью продления срока службы грузовых и пассажирских вагонов, локомотивов, Свидетельство о внесении в Реестр испытательных лабораторий, признанных Советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества.

Постоянное научно-технологическое сопровождение позволяет выявлять особенности динамико-прочностных показателей грузовых вагонов после длительной эксплуатации в зависимости от их типов и моделей, годов производства, заводов-изготовителей и т. д. Некоторые особенности приведены в данной публикации.

Для фитинговых вагонов-платформ модели 13-401-17 после длительной эксплуатации характерно значительное изменение в сторону ухудшения динамических ходовых качеств: уменьшение запаса устойчивости против схода колес с рельсов. Это связано с конструктивными особенностями короткобазных вагонов-платформ, а также системным ухудшением технического состояния старотипных вагонов, снижением массы тары вследствие износов колес и других элементов, коррозии металла.

На основе проведенных испытаний данных платформ в порожнем состоянии, груженом порожними контейнерами и при модернизации по проекту. С 03.04 выявлены неудовлетворительные показатели динамики в порожнем состоянии.

Улучшение динамических качеств для данных вагонов достигается за счет совершенствования конструкции путем внедрения боковых опор постоянного контакта и износостойких элементов (модернизация С 03.04 и аналоги).

Также для фитинговых вагонов-платформ модели 13-401-17 возможно улучшение динамических показателей при эксплуатации в порожнем состоянии, при установке порожних контейнеров (увеличение массы тары 4–6 т), но улучшение динамики от догрузки менее эффективно по сравнению с модернизацией ходовых частей.

Для порожних универсальных вагонов-платформ модели 13-4012 после длительной эксплуатации также характерно уменьшение запаса устойчивости против схода колес с рельсов, но в меньшей степени.

Вагоны-платформы модели 13-4012 могут обеспечивать достаточный уровень запаса устойчивости колес на рельсе при эксплуатации на скоростях до 60 км/ч.

Для порожних вагонов-хопперов моделей 11-715-01, 11-740-01, 19-758-01 и 19-923-01 модернизированных с уменьшенными массами существенное ухудшение динамических качеств не выявлено, однако исследования продолжаются в 2019 г. с целью выявления влияния на динамику снижения массы тары, ухудшения технического состояния, увеличения неровностей пути.

Для цистерн модели 15-1443 существенного ухудшения динамических качеств не выявлено.

Для вагонов-зерновозов модели 19-752 выявлен характерный дефект – трещина по клепаному соединению хребтовых балок с задними упорами. Данный дефект не подлежит ремонту согласно действующей нормативной документации. Однако своевременное выявление типовости дефекта позволило оперативно провести научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке модернизации в виде проекта НИКТИ.19-752.00.00.000. Данная модернизация направлена на перераспределение усилий от задних упоров на большую площадь хребтовых балок, которая не имеет усталостных повреждений. Данная модернизация была запатентована в 2019 г. (Патент Украины № 135500) и прошла процедуру постановки на производство.

Во время проведения ходовых динамических испытаний порожних вагонов в составе грузового поезда (в головной, средней и хвостовой частях) установлено, что значение сил сжатия, которые

действуют на контрольные вагоны в головной и средней частях поезда достигают, а в отдельных случаях (экстренное торможение, движение по перелому профиля) превышают критические для порожнего подвижного состава значения. На основе этого сделан вывод о необходимости перевозки порожних вагонов в последней трети поезда и вынесено на обсуждение постоянно действующей комиссии по безопасности движения поездов и автотранспорта, охраны труда и пожарной безопасности АО «Укрзалізниця» вопрос об отмене изменений в п. 15.32 «О порядке формирования тяжелых и длинносоставных поездов» ПТЭ железных дорог Украины, утвержденных Приказом МТУ от 10.12.2003 № 962.

Таким образом, рассмотрены результаты экспериментальных исследований по оценке динамических качеств и остаточного ресурса целого ряда грузовых вагонов, у которых завершился срок службы, назначенный заводом-изготовителем, и предложены технические решения по совершенствованию конструкций грузовых вагонов, которые успешно прошли процедуру постановки на производство, внедрению дополнительных мер, направленных на повышение безопасности движения.

УДК 621.868.2

О ПРОБЛЕМЕ УДАЛЕНИЯ ШКВОРНЯ ИЗ НАДРЕССОРНОЙ БАЛКИ ПРИ РЕМОНТЕ ГРУЗОВЫХ ТЕЛЕЖЕК

С. С. КАРАНДЕЕВ

Белорусская железная дорога, г. Жлобин

Ранее межремонтный период грузовых вагонов составлял один год. На данный момент межремонтный период в соответствии с Положением о системе технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов, допущенных в обращение на железнодорожные пути общего пользования в международном сообщении, принятом Советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества (протокол № 57 от 16–17 октября 2012 г.) составляет 3 года. Это изменение привело к тому, что при плановых видах ремонта возникли трудности при разборке тележек грузовых вагонов. В настоящее время существует проблема удаления шкворня из наддрессорной балки грузового вагона, т. к. в процессе эксплуатации он заклинивает, и удаление его из балки проблематично или не представляется возможным. Ранее, в соответствии с требованием нормативных документов, разрешалось высверливание шкворня, с последующей постановкой гильзы, что в настоящее время запрещено.

В соответствии с технологией шкворень должен удаляться слесарем вручную. На практике шкворень заклинивает, т. к. в процессе эксплуатации появляется ржавчина или возникают деформации шкворня и отверстия под шкворень. При этом извлечение шкворня требует больших усилий, а также временных затрат, возникает риск получения травмы работником.

Для Жлобинского вагонного депо объем поступающих в ремонт наддрессорных балок составляет более 2000 ед./год. Анализ статистических данных за 2018 год показал, что из 107 наддрессорных балок было невозможно извлечь шкворень. Замена наддрессорной балки на новую вместо ремонта из-за невозможности извлечения шкворня ведет к значительным расходам и существенному увеличению стоимости ремонта грузовых вагонов.

Проведенный мониторинг предложений показал, что предприятия, изготавливающие и реализующие оборудование для ремонта вагонов, не предлагают приспособления для удаления шкворня из наддрессорной балки. Патентный поиск также не дал результатов.

Для быстрого и безопасного извлечения шкворня в Жлобинском вагонном депо разработано и внедрено специальное приспособление, состоящее из металлического корпуса, захватывающего механизма, винта и двух проушин для транспортировки (рисунок 1).



Рисунок 1 – Приспособление для удаления шкворня

Приспособление для удаления шкворня за проушины с помощью кран-балки перемещают к неразобранной тележке. Слесарь устанавливает устройство на подпятник тележки таким образом, чтобы шкворень находился в центре захватывающего механизма между эксцентриковыми захватами. Вращая ручку винта по часовой стрелке, шкворень удаляют из отверстия подпятника (под действием сил трения эксцентриковые захваты захватывающего механизма удерживают шкворень в приспособлении усилием, достаточным для извлечения его из отверстия). При помощи кран-балки удаляется приспособление со шкворнем с подпятника. Вручную извлекается шкворень из приспособления.

Данное приспособление позволяет быстро и безопасно извлекать шкворни из наддресорной балки при наличии деформации и коррозионных явлениях, возникающих в процессе эксплуатации грузовой тележки. Для применения данного устройства не требуется специальной подготовки работников, принимающих участие в разборке тележки.

Преимущества данного приспособления в том, что оно позволяет извлечь шкворень из наддресорной балки, тем самым продлив срок эксплуатации наддресорной балки в пределах норматива и сэкономить финансовые средства на приобретение новых балок.

Экономическая эффективность (Э) от внедрения данного приспособления была подтверждена расчетами, произведенными в соответствии с «Методическими рекомендациями по расчету экономического эффекта внедрения научно-технических достижений и передового опыта на предприятиях железных дорог».

$$\text{Э} = (\text{З}^{\text{баз}} - \text{З}^{\text{нов}})N - \text{Е}, \quad (1)$$

где $\text{З}^{\text{баз}}$ – базовые затраты на выполнение рассматриваемой операции в исходных условиях; $\text{З}^{\text{нов}}$ – затраты при использовании приспособления; N – объем реализации мероприятия, шт.; Е – единовременные затраты на изготовление приспособления.

Исходные данные для расчета годового экономического эффекта приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета экономического эффекта от внедрения устройства

Показатель	Техника	
	базовая	новая
Количество наддресорных балок с заклинившими шкворнями, шт.	107	107
Стоимость наддресорной балки, руб.	1511,67	1511,67
Стоимость шкворня, руб	19,0	–
Масса наддресорной балки, т	0,402	–
Масса шкворня, т	0,00675	–
Стоимость металлолома 5А, руб.	237,07	237,07
Коэффициент годности ТМЦ, бывших в употреблении: наддресорная балка	–	0,261
Шкворень	–	0,5
Стоимость приспособления для удаления шкворня, руб.	–	146,83

В соответствии с представленными данными годовой экономической эффект от внедрения устройства для удаления шкворня

$$\text{Э} = [(1511,67 \cdot 0,261 + 19,0 \cdot 0,5) - 237,07 (0,402 + 0,00675)] \cdot 107 - 146,83 = 32\,718,22 \text{ руб.}$$

В последующие годы применение устройства позволит сэкономить более 300 рублей при ремонте наддресорной балки.

УДК 629.4.027.27

АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ КУЗОВОВ И ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В ЖЛОБИНСКОМ ВАГОННОМ ДЕПО

С. С. КАРАНДЕЕВ, Ю. Н. ВОРОЧКОВ
Белорусская железная дорога, г. Жлобин

Межремонтный период грузовых вагонов на сегодня по Положению о системе технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов, допущенных в обращение на железнодорожные пути общего пользования в международном сообщении, принятому Советом по железнодорожному транс-

порту государств – участников Содружества (протокол № 57 от 16–17 октября 2012 г.) составляет 3 года (ранее – 1 год).

Отличительной особенностью современного парка грузовых вагонов является большое разнообразие. С одной стороны следует отметить общее старение вагонного парка, вместе с тем в ремонт поступают относительно новые вагоны улучшенной конструкции, оборудованные такими узлами, как кассетные буксовые узлы, энергоёмкие поглощающие аппараты.

Статистические данные по отцепкам грузовых вагонов, отремонтированных в Жлобинском вагонном депо, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Количество отцепок в ремонт по неисправностям грузовых вагонов за 2010–2018 годы по Жлобинскому вагонному депо

Узел	Год								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Буксовый узел	44	85	79	38	54	50	48	21	8
Детали тележки	41	37	59	71	64	76	66	65	68
Автосцепка	11	7	2	7	7	6	9	15	11
Автомозга	72	30	51	42	42	69	56	64	82
Кузов, рама	21	11	17	13	17	43	50	66	64
Всего	189	172	208	171	187	245	229	231	233

В Жлобинское вагонное депо для ремонта поступает большое количество полувагонов с такими характерными неисправностями, как перекося кузова, деформации верхней обвязки кузова, стоек, боковых и торцевых стен. Особенно часто такие неисправности отмечаются у вагонов, являющихся собственностью ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Данные повреждения связаны с особенностями конфигурации перевозимого груза, а также с нарушениями правил погрузки и выгрузки груза.

К техническому состоянию ходовых частей вагонов предъявляются особые требования. Оно является определяющим и при обосновании ремонта подвижного состава по пробегу.

Полученные при анализе в Жлобинском вагонном депо за 2010–2018 годы данные показывают, что более четверти всех неисправностей вагонов составляют неисправности тележек.

В основном в ремонт поступают трехэлементные грузовые тележки с такими неисправностями, как износы, образовавшиеся в результате трения деталей, трещины и изломы литых боковых рам и наддрессорных балок, разрегулировка зазоров скользунов, ослабление заклепок фрикционных планок.

Трещины и изломы боковых рам и наддрессорных балок возникают из-за значительных нагрузок, скрытых дефектов, литевых дефектов, усталости металла, появления на поверхности деталей забоин и ожогов от электросварки, являющихся концентраторами напряжений. Сложности эксплуатации боковых рам связаны с тем, что они являются необрессоренными деталями.

Причинами трещин и изломов деталей тележек могут быть нарушения правил эксплуатации и сборки. На рисунке 1 показана доля неисправностей тележек от общего количества неисправностей вагонов по годам.

Полученные результаты указывают, что в последние годы количество изломов пружин в гарантийных вагонах имеет тенденцию к увеличению.

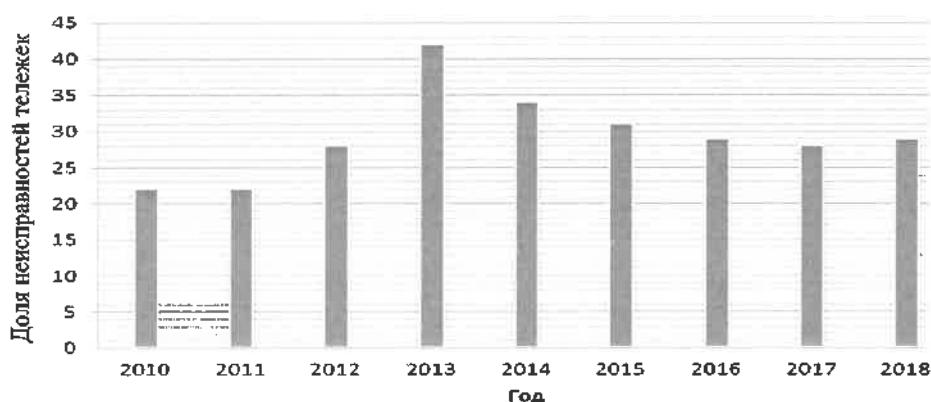


Рисунок 1 – Доля неисправностей тележек от общего количества неисправностей вагонов по годам

Анализ повреждаемости пружин и рессор показывает, что все дефекты можно разделить на две группы: 1) усталостного происхождения и проседания; 2) вызванные потерей упругих свойств.

Следует отметить, что около 37 % отцепок грузовых вагонов по технологическим неисправностям в межремонтный период приходится на грузовые тележки вагонов, из них 39 % приходится на излом пружин. При этом анализ статистических данных об изломах пружин в рессорном подвешивании тележек грузовых вагонов показал, что процент изломов внутренних пружин существенно выше, чем наружных (80 и 20 % соответственно).

Анализируя состояние пружин при разборке рессорных комплектов, поступающих на позиции ремонта, следует отметить, что наиболее часто встречаются следующие повреждения: вмятины или потертости, образующиеся чаще в зоне нажатия конца первого витка на второй виток пружины. Причиной возникновения данных неисправностей являются нарушения при погрузке и разгрузке грузов, а также связанные с нарушением скоростного режима при движении в кривых.

Вмятины являются концентраторами напряжений, могут привести к образованию трещин и излому пружин; просадке пружин по высоте; иногда встречаются коррозионные повреждения.

Таблица 2 – Отцепки грузовых вагонов по излому пружин

Излом пружин (код 214)	2018 год												2019 год					
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Всего	425	368	599	730	454	553	484	359	295	322	320	328	392	415	427	364	411	451
из них гарантийные	24	18	29	27	10	19	13	7	8	6	13	14	16	8	8	8	11	14

На сегодня в плановые виды ремонта поступают около 22 % пружин с отсутствием маркировки или бирки завода-изготовителя. Отсутствие маркировки или бирки предприятия-изготовителя позволяет производить замену оригинальных пружин на контрафактные или на продукцию, не соответствующую установленным нормам, что ставит под угрозу безопасность движения.

Поскольку условия эксплуатации изменить невозможно, то для сохранения вагонного парка необходимо изменять подходы к ремонту. В условиях вагоноремонтного производства ремонт и восстановление вагонов до конструкционных размеров следует вести в двух направлениях: совершенствование технологии ремонта и усиление конструкции вагона в ходе ремонта.

УДК 656.136 : 621.182.3

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАСХОД ТОПЛИВА АВТОПОЕЗДА РЕФРИЖЕРАТОРА

О. К. КАСИМОВ, А. А. АНВАРЖОНОВ

*Ташкентский институт по проектированию, строительству
и эксплуатации автомобильных дорог, Республика Узбекистан*

Скорость, с которой груз прогревается, сильно зависит от температуры наружного воздуха. Поэтому вполне вероятно, что внешние температуры влияют на потребление энергии и, следовательно, на стоимость перевозки в холодильнике. Компания Shurepower участвует в той же сфере деятельности, что и NomadPower. Shurepower исследовала ситуации, которые могут возникнуть при перевозке скоропортящихся грузов. В течение одного года были проанализированы несколько прицепов-рефрижераторов, и было зафиксировано их потребление дизельного топлива и электроэнергии (рисунок 1) [1]. Все эти рефрижераторы были оснащены холодильным агрегатом Vector, который производится компанией Carrier Corporation, одним из ранее упомянутых производителей охлаждающих холодильных агрегатов с регулируемой температурой. Данные о потреблении сырого дизельного топлива были собраны обслуживающим персоналом на месте и переданы команде Shurepower для анализа.

Обслуживающий персонал собирал данные, подключая охлаждающее устройство к системе базы данных топлива и загружая ежемесячный набор данных о топливе. Shurepower использовала контрольный и испытательный парки для анализа воздействия внешних температур. Ежемесячно средний расход топлива выражался в галлонах в час. После расчета значения сравнивались с данными других тестовых и контрольных трейлеров за этот месяц. После того, как все данные были собраны и проанализированы для выбросов, средний расход топлива был нанесен на график по нескольким различным переменным, таким как наружная температура.

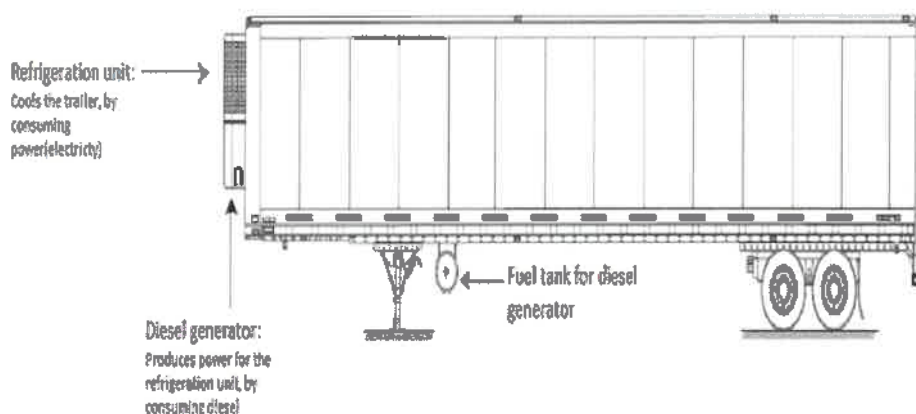


Рисунок 1 – Технический чертеж рефрижератора с дизельным двигателем

Общий коэффициент теплопередачи (коэффициент K) специальных транспортных средств определяется следующим уравнением [3]:

$$K = \frac{W}{S \Delta T},$$

где W – в соответствующем случае либо тепловая мощность, либо холодопроизводительность, необходимая для поддержания при постоянном режиме абсолютной разности ΔT между средней внутренней температурой T_i и средней наружной температурой T_e , когда средняя наружная температура T_e является постоянной, для кузова, средняя поверхность которого равна S .

На основе проведенных расчетов в условиях эксплуатации Республики Узбекистан показали следующие результаты.

При средней наружной температуре 40 °C и средней внутренней температуре 10 °C, средней поверхности кузова 24-фунтового прицепа, равной 150 м², и холодопроизводительности рефрижератора автономной установки 3250 Вт, мы получим следующее значение.

$$K = \frac{W}{S \Delta T} = \frac{3250}{150 \cdot 25} = 0,86.$$

Это показывает, что необходима дополнительная энергия для поддержания заданной температуры. В свою очередь это влечет за собой увеличение расхода топлива и выбросов выхлопных газов.

Ниже приведен график, позволяющий выявить любые основные тенденции, которые могут существовать в данных (рисунок 2). При построении графиков температуры наружного воздуха и уровней потребления можно наблюдать корреляцию между двумя переменными. Другие факторы могут способствовать расходу топлива рефрижераторного прицепа.

Например, усиление солнечного излучения и вследствие этого пропорциональное повышение температуры также может способствовать прогреву прицепа. Однако исследователи Shurepower сочли этот и другие подобные факторы слишком сложными для количественной оценки; они предположили, что наружная температура является адекватным показателем воздействия на окружающую среду и может быть использована для выявления этих воздействий на расход топлива прицепа-рефрижератора. Рисунок 2 иллюстрирует прямую корреляцию между средним месячным

расходом топлива прицепов и средней температурой месяца. Галлоны и Фаренгейты, которые использовались Shurepower, были преобразованы в литры и градусы Цельсия, чтобы сделать данные доступными для европейского рынка и текущего набора проблем.

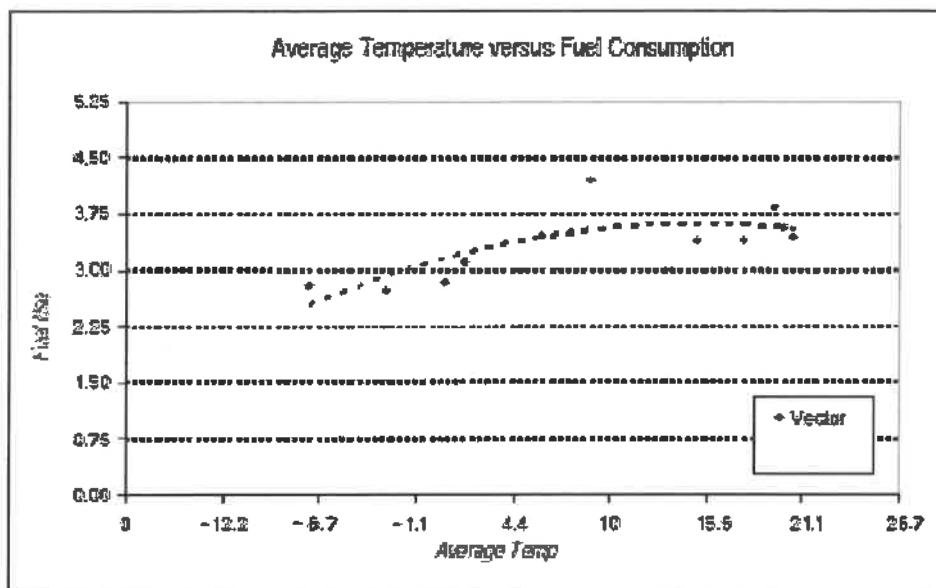


Рисунок 2 – Средняя температура наружного воздуха в зависимости от расхода топлива

Вышеприведенные параметры, влияют не только на расход топлива, но и непосредственно на экологическую безопасность транспортного средства. Анализ показал, что при поддержании определенной температуры внутри камеры хранения при высоких температурах окружающей среды увеличивается не только расход топлива, но и объем отработанных газов из рефрижераторной установки.

Список литературы

- 1 **Vaartmans, J.** Refrigerated trailer: electricity or diesel / J. Vaartmans // Bachelor thesis. – 2015. – P. 15–16.
- 2 **Tario, J.** Shurepower. Electric-powered trailer refrigeration unit / J. Tario. – 2007.
- 3 Соглашение о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок / Европейская экономическая комиссия; Организация Объединенных наций, 2013. – С. 19–20.

УДК 006.015.8: 625.1

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ

А. А. КЕБИКОВ, В. С. ЗАЙЧИК, Е. В. ШКРАБОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Технический регламент Таможенного союза «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» (далее – ТР ТС 003/2011) распространяется на инфраструктуру железнодорожного транспорта, которая включает в себя следующие подсистемы: железнодорожный путь; железнодорожное электроснабжение; железнодорожная автоматика и телемеханика; железнодорожная электросвязь; станционные здания, сооружения и устройства.

Железнодорожное электроснабжение – комплекс технических сооружений и устройств, обеспечивающих электрической энергией железнодорожный электроподвижной состав и нетяговых железнодорожных потребителей. Составные части железнодорожного электроснабжения и их элементы, а также формы их обязательного подтверждения соответствия требованиям безопасности ТР ТС 003/2011 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав железнодорожного электроснабжения

Составная часть (элемента составной части) железнодорожного электроснабжения	Форма обязательного подтверждения соответствия продукции
<i>1 Контактная сеть</i>	–
1.1 Армированные бетонные стойки для опор контактной сети электрифицированных железных дорог	Сертификация
1.2 Вентильные разрядники и ограничители перенапряжений для устройств электроснабжения железных дорог	Сертификация
1.3 Диодные заземлители устройств контактной сети электрифицированных железных дорог	Декларирование
1.4 Изоляторы для контактной сети электрифицированных железных дорог	Сертификация
1.5 Металлические стойки для опор контактной сети электрифицированных железных дорог	Сертификация
1.6 Провода контактные из меди и ее сплавов для железнодорожной контактной сети	Сертификация
1.7 Разъединители железнодорожной контактной сети	Декларирование
1.8 Ригели жестких поперечин устройств подвески контактной сети электрифицированных железных дорог	Сертификация
1.9 Фундаменты опор контактной сети электрифицированных железных дорог	Сертификация
<i>2 Системы, устройства и оборудование устройств электроснабжения на перегонах и станциях</i>	–
2.1 Аппаратура телемеханики устройств электроснабжения	Сертификация
<i>3 Трансформаторные подстанции</i>	–
3.1 Диодные заземлители устройств контактной сети электрифицированных железных дорог	Декларирование
<i>4 Тяговая подстанция</i>	–
4.1 Разъединители для тяговых подстанций систем электроснабжения электрифицированных железных дорог	Декларирование
4.2 Реакторы для тяговых подстанций систем электроснабжения электрифицированных железных дорог	Декларирование
4.3 Статические преобразователи для устройств электроснабжения электрифицированных железных дорог	Декларирование
4.4 Устройства защиты тяговых подстанций, станций стыкования электрифицированных железных дорог	Сертификация

К железнодорожному электроснабжению, его составным частям и элементам составных частей в ТР ТС 003/2011 установлены следующие требования:

а) соблюдение условий, при которых обеспечиваются:

– безопасное расстояние от элементов составных частей, находящихся под напряжением, до заземленных частей, поверхности земли, настилов пешеходных мостов, лестниц, пассажирских платформ и железнодорожных переездов;

– безопасное расстояние от элементов составных частей до линий электропередачи;

– напряжение не более допустимого значения при прикосновении к корпусам электрооборудования и другим металлическим конструкциям;

– наличие ограждений и блокировок, препятствующих несанкционированному проникновению в опасные зоны или прикосновению к элементам составных частей, находящимся под напряжением;

– уровень радиопомех не выше допустимых значений;

– автоматическое отключение тяговой сети или линий электропередачи при возникновении режимов, которые могут привести к повреждению или нарушению исправного состояния железнодорожного электроснабжения;

– наличие предупреждающих знаков;

– пожарная безопасность в нормальном и в аварийном режимах;

б) использование оборудования, параметры которого обеспечивают допустимые:

– электрическую прочность изоляции;

– превышение температуры токоведущих частей оборудования над температурой окружающей среды при номинальном токе;

– отношение наименьшего и наибольшего размера изоляционного промежутка, при котором отсутствует сигнал об отключенном положении разъединителя контактной сети;

– коэффициент безопасности по прочности стоек для опор контактной сети, фундаментов опор и ригелей жестких поперечин;

- относительный прогиб в средней части несущих конструкций контактной сети;
- обратное напряжение диодного заземлителя;
- импульсное напряжение срабатывания устройств защиты станций стыкования;
- необходимый уровень защиты от опасного и вредного воздействия электромагнитных полей;
- автоматическое отключение элементов составных частей в аварийном режиме работы, исключающее возгорание его частей;
- уровень электромагнитного излучения;
- в) обеспечение механической прочности оборудования при воздействии:
 - эксплуатационных нагрузок;
 - нагрузок в расчетных аварийных режимах;
 - монтажных нагрузок;
- г) безопасное функционирование при одновременном воздействии эксплуатационных или аварийных нагрузок и климатических факторов, соответствующих нормативным показателям района эксплуатации;
- д) обеспечение безопасности оперативного и оперативно-ремонтного персонала от возможного попадания под напряжение и поражения электрическим током;
- е) обеспечения посредством элементов составных частей снабжения тягового подвижного состава, сооружений и устройств подсистем инфраструктуры железнодорожного транспорта электроэнергией с показателями качества, обеспечивающими их безопасное функционирование и повышение энергетической эффективности;
- ж) средства телемеханизации для систем электроснабжения должны:
 - сохранять работоспособное состояние во всех предусмотренных режимах эксплуатации;
 - обеспечивать электромагнитную совместимость с другими техническими средствами железнодорожного транспорта, быть устойчивыми к воздействию внешних магнитных полей, электрическим импульсам и электрическим разрядам;
 - выполнять функции телесигнализации, телеуправления и телеизмерения;
 - быть совместимыми по сигналам телеуправления, телесигнализации и телеизмерения;
 - обеспечивать достоверность передачи информации и индикации её на рабочих местах;
 - при отсутствии питания автоматически завершать работу средств телемеханизации, что исключит потери либо искажения сигналов, либо потери работоспособности.

УДК 629.421.4

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОДЛЕНИЮ НАЗНАЧЕННОГО СРОКА СЛУЖБЫ ВАГОНОВ-ЦИСТЕРН ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЛЕГКИХ ПОРОШКООБРАЗНЫХ ГРУЗОВ

М. Б. КЕЛЬРИХ, Н. С. БРАЙКОВСКАЯ, П. Н. ПРОКОПЕНКО

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Среди сыпучих грузов, перевозимых по железной дороге, в особую группу выделяют грузы с различной насыпной плотностью, состоящие из мелких частиц, размеры фракций которых составляют не более 1 мм. Такие грузы называются порошкообразными. К ним относятся: цемент, минеральные удобрения, кальцинированная сода, поливинилхлорид, глинозем и др.

В настоящее время перевозки порошкообразных грузов осуществляются в специализированных вагонах-цистернах и вагонах бункерного типа, которые оборудуются системой аэропневмовыгрузки, а также в вагонах-хопперах с гравитационной разгрузкой.

Разнообразие перевозимых грузов, их различия по физико-химическим свойствам, насыпной плотности и свойству слеживаности привели к необходимости создания целого ряда железнодорожных цистерн, конструктивно отличающихся друг от друга. Из большинства рассматриваемых порошкообразных грузов наименьшую среднюю насыпную плотность имеют кальцинированная сода ($\gamma_{\text{ср}} = 0,68 \text{ т/м}^3$) и поливинилхлорид ($\gamma_{\text{ср}} = 0,55 \text{ т/м}^3$). Эти грузы относятся к группе легких порошкообразных грузов.

В последние годы резко сократилось производство вагонов для порошкообразных грузов, что обуславливает значительные трудности в доставке таких грузов потребителям. Отсутствие систематического пополнения вагонного парка новыми более современными вагонами привело к их существенному старению, увеличению ремонтных и эксплуатационных затрат на восстановление их работоспособности, снижению уровня безопасности движения. Вместе с тем в вагонном парке имеются вагоны со сроком службы, который превышает назначенный (24 года). Техническое состояние таких вагонов, по предварительным данным с мест эксплуатации, удовлетворяет требования эксплуатации.

Самыми образцовыми цистернами для перевозки указанных легких порошкообразных грузов являются цистерна модели 15-1449 (кальцинированная сода) и 15-1498 (поливинилхлорид). Отличительной особенностью этих моделей цистерн является их безрамное исполнение [7].

Для решения вопроса о возможности дальнейшей эксплуатации указанных вагонов необходимо подтвердить соответствие этих вагонов действующей нормативно-технической документации. Основными критериями, определяющими ресурс вагона и эксплуатационную надежность, являются оборот вагона и среднесуточный пробег.

Прогнозирование остаточного ресурса осуществляется по двум критериям: по предельному состоянию и по несущей способности элементов, узлов и оборудования конструкции.

Учитывая, что итоговые характеристики прочности и ресурса определяются по результатам анализа комплекса различных факторов, для определения возможности дальнейшей эксплуатации и обоснования величины, на которую может быть продлен назначенный срок службы вагонов-цистерн, необходимо выполнить обследование их технического состояния в эксплуатации, а также комплекс исследовательских испытаний, включающий :

- контрольные испытания котла и полурамы цистерны на статические нагрузки (от массы груза; продольных сжимающих и растягивающих сил, приложенных к полураме; внутреннего рабочего и испытательного давлений и др.);

- испытания на малоцикловое нагружение котла цистерны внутренним рабочим и испытательным давлением;

- испытания цистерны на соударение и ограниченный ресурс при многократных соударениях;

- испытание предохранительной и запорной арматуры и узлов системы аэропневмовыгрузки на работоспособность, надежность, ресурс при действии вибрационных и ударных нагрузок, определение коэффициента расхода (λ);

- металлографические и другие исследования металла котла цистерн разрушающими и неразрушающими методами контроля;

- исследования зависимости коррозионной стойкости материала котла от воздействия перевозимого продукта и атмосферы.

Статические испытания проводились при действии следующих нагрузок: вертикальной статической от налива котла водой; внутреннего избыточного давления 0,2 и 0,3 МПа; продольных сжимающих и растягивающих сил 1,0 и 2,5 МН; подъема под розетку до достижения усилия на домкрате 250 кН; испытание откосов при давлении в подоткосном пространстве 0,02, 0,03, 0,04 МПа; нагрузки, возникающие при ремонте вагонов.

Испытания котла на прочность при малоцикловой нагрузке рабочим и испытательным давлением предусматривают оценку прочности выслуживших полный срок службы котлов и их элементов. Один цикл нагружения заполненного водой котла включает повышение давления от нуля до величины, равной рабочему давлению при разгрузке 0,2 МПа, с последующим понижением до нуля. Количество циклов нагружений устанавливается исходя из числа погрузок и разгрузок за один год с учетом полуторакратного запаса. Число циклов нагружения испытательным давлением определяется величиной предполагаемого продления срока службы и количеством проведенных гидравлических испытаний.

Ресурсные ударные испытания. Учитывая, что нагружение вагонов-цистерн в эксплуатации имеет многокомпонентный характер, для обоснования возможности продления их срока службы вагоны должны быть подвергнуты испытаниям на совместное действие вертикальной нагрузки и продольных усилий соударения, приложенных к упорам автосцепки.

Таковыми испытаниями являются типовые и ресурсные соударения. Целью ресурсных испытаний является оценка прочности исследуемого вагона при многократных соударениях путем набегания вагона-бойка на стоящий в упоре испытываемый вагон-цистерну.

Целью испытаний предохранительной арматуры является проверка работоспособности и определение показателей надежности для продления ее на срок службы, установленный по результатам контрольных испытаний. Ресурсным испытаниям подвергаются не менее трех предохранительных устройств каждого типа.

Определяемыми показателями являются: средний срок службы, средний ресурс, наработка на отказ, коэффициент расхода воздуха, производительность.

При проведении испытаний предохранительные клапаны совершают срабатывание (рабочие циклы). Критерием прекращения испытаний является нарушение целостности прокладки предохранительного клапана или отказ клапана.

Для имитации вибрационных и ударных нагрузок, соответствующих условиям эксплуатации, используются вибрационные и ударные стенды, на которых предохранительные клапаны подвергаются вибрационным нагрузкам при следующих значениях ускорений: 5g – продольное; 1g – вертикальное; 1g – угловое.

Необходимость проведения дополнительных испытаний (усталостные испытания цистерны в целом) определяется после проведения вышеперечисленных испытаний.

Список литературы

- 1 ГОСТ 33211–2017. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – М. : Стандартинформ. – 54 с.
- 2 ГОСТ 33788-2016. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества. – Введ. 01.05.2017. – М. : Стандартинформ.
- 3 Путятю, А. В. Моделирование статической и динамической загрузки кузова вагона сыпучим грузом / А. В. Путятю : сб. науч. прай. – Харків : УкрДАЗТ, 2007. – Вып. 82. – С. 99–104.
- 4 Путятю, А. В. Нагруженность кузова вагона при транспортировке сыпучих грузов / А. В. Путятю, А. О. Шимановский // Теоретическая и прикладная механика : науч.-техн. междунар. журнал. – Минск, 2007. – Вып. 22. – С. 149–151.
- 5 Никодимов, А. П. Исследования и выбор параметров железнодорожных цистерн для порошкообразных грузов : дис ... канд. техн. наук / А. П. Никодимов. – Ленинград : ЛИИЖТ, 1979.
- 6 НПАОП 0.00-1.07–94. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. – Киев, 1998.
- 7 Грузовые вагоны железных дорог колеи 1520 мм. 002И-2009 ПКБ ЦВ : альбом-справочник.

УДК 01.02.03

ТРЕЩИНЫ В ОСЯХ И КОЛЕСАХ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА: ИСПЫТАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Д. А. КНЯЗЕВ, М. Н. ОВЕЧНИКОВ, Э. С. ОГАНЬЯН, А. Л. ПРОТОПОПОВ, М. В. ТИМАКОВ
АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический
институт подвижного состава» (ВНИКТИ), г. Коломна, Российская Федерация

В процессе эксплуатации различных объектов, подвергающихся регулярному нагружению, происходит постепенное накопление повреждений, приводящее к изменению свойств, образованию трещин, их развитию и разрушению конструкции.

По существующим нормативам эксплуатация конструкции с трещиной не допускается. Для этого существуют различные виды контроля: визуальный, ультразвуковой, магнитопорошковый и т. д. Однако все виды контроля допускают вероятность пропустить трещину в эксплуатацию. Также характерной особенностью является минимальный размер дефекта, который способен выявить каждый из методов контроля.

Таким образом, имеется вероятность того, что в промежутке времени между двумя процедурами контроля, эксплуатация объекта будет проходить с наличием трещины, которая будет развиваться.

В связи с этим представляется целесообразным определить интервал времени, в течение которого необходимо проводить освидетельствование конструкции.

Существует множество моделей, связывающих между собой размер трещины и количество циклов, в течение которых она развилась от некоего начального размера до критического состояния под данной нагрузкой. Далее, зная блок нагруженности конструкции, можно оценить общее количество циклов (времени или километров пробега) до разрушения.

Для проведения моделирования необходимы значения характеристик, которые можно получить в результате стендовых испытаний.

В АО «ВНИКТИ» были проведены работы по прорастиванию трещин на сплошных и полых осях моторвагонного подвижного состава при разных уровнях амплитуд механических напряжений.

По результатам этих испытаний были получены характеристики осей, пригодные для использования расчета живучести по формуле Пэриса.

После проведения ходовых испытаний получены блоки нагрузок различных сечений осей колесных пар, из которых была рассчитана частота появления амплитуды механических напряжений заданного уровня.

Расчет прироста глубины (длины) трещины производился путем численного интегрирования зависимости Пэриса на основании полученных в ходе испытаний данных.

В результате для трещины начальной глубиной 1,8 мм и конечной глубиной 100 мм на сплошной оси было получено значение 88 миллионов циклов, что соответствует пробегу 280 тысяч километров.

Для полых осей была получена цифра 70 миллионов циклов, что соответствует 210 тысячам километров пробега.

В настоящее время подобные исследования проводятся для колес подвижного состава. Анализ условий эксплуатации железнодорожных колес показывает, что критерии прочности, указанные в нормативных документах, не могут полностью гарантировать их надежность и безопасность эксплуатации. При недостаточной вязкости металла и высокой его чувствительности к концентраторам напряжений из полученного дефекта начнет распространяться трещина вплоть до критической ее длины, что приведет к разрушению колеса.

Параллельно ведутся работы по прорастиванию трещин на натуральных колесах и на компьютерных моделях, поскольку существует множество постоянно совершенствующихся компьютерных комплексов, позволяющих проводить подобное моделирование.

В основу прогнозирования развития трещины под действием циклической нагрузки положены параметры кинетической диаграммы усталостного разрушения стандартного образца. Эти параметры имеют ключевое значение для определения характеристик живучести колеса (скорости распространения трещины, критической длины).

Стали склонны к низкотемпературному охрупчиванию, изменение температуры практически не влияет на показатель наклона прямолинейного участка диаграммы n (описывается уравнением Пэриса), то есть на кинетику усталостного разрушения, но долом усталостной трещины (нелинейный участок КДУР) начинается тем раньше, чем ниже температура.

В ходе этой работы планируется создать и верифицировать модели роста трещин на дисковой части колес при нормальных условиях, а затем, изменяя температуру окружающей среды, выявить, как будет меняться скорость роста трещины и количество циклов от начального ее размера до разрушения.

Для этого на диске колеса в зоне максимальных амплитуд механических напряжений моделировался плоский трещиноподобный дефект в виде половины окружности радиуса 3 мм. При нагружении колеса круговым изгибом при амплитуде номинальных напряжений 150 МПа моделировался рост трещины до тех пор, пока КИН не достигнет значений соответствующий циклической вязкости разрушения материала колеса ΔK_{IC} при разных температурах.

Моделирование показало, что при росте плоской трещины максимальные значения КИН находятся на ее краях, при этом трещина распространяется больше в длину, чем в глубину, превращая начальный полукруглый дефект в часть эллипса.

Пройдя всю толщину диска колеса, трещина становится сквозной, образуя два фронта. При этом значения КИН в ее вершинах превышают циклическую вязкость разрушения материала колеса ΔK_{IC} .

Предварительные результаты расчетов на одну нагрузку, создающую амплитуду механических напряжений 150 МПа, показывают, что количество циклов до разрушения составляет от 350 до 650 тыс. в зависимости от вида колеса и окружающих условий.

Экспериментальное получение блока нагружения и применение его в моделировании значительно увеличит эти цифры, что позволит более адекватно говорить о пробегах колес.

Также экспериментальные исследования позволят получить характеристики материала колес различных способов изготовления (литых и цельнокатаных), необходимые для расчета циклики и уточнения модели, которая, в свою очередь, позволит говорить о пробеге в эксплуатации колеса с трещиной, если таковая появится, и о периодичности проведения осмотров.

ОСОБЕННОСТИ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В. В. КОМИССАРОВ, А. А. ЖЕЛЕЗНЯКОВ, О. А. САРКИСОВ, Е. С. ТАРАНОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одним из основных механизмов обеспечения безопасности и повышения качества производимой железнодорожной продукции на территории Таможенного союза является система технических регламентов, которые содержат обязательные для применения и исполнения требования к создаваемой (в том числе модернизируемой) продукции. Такая система, с учетом постоянно обновляемой нормативной базы и создаваемой инновационной продукции, требует постоянного совершенствования применяемых методик испытаний и подходов в практике подтверждения соответствия объектов железнодорожного транспорта.

Одним из наиболее ответственных объектов железнодорожного транспорта являются зубчатые колеса. Известно (в том числе и в соответствии с требованиями ГОСТ 30803–2014), что основными видами разрушения зубчатых колес является усталостный излом зубьев, происходящий у основания ножки зуба, и усталостное выкрашивание рабочей поверхности зуба. При перегрузках возможно развитие пластических деформаций и излом зубьев. При неудовлетворительных условиях смазки возможно развитие заедания. В связи с этим для зубчатых колес на практике используются два основных метода испытаний: на усталостный изгиб зубьев и на контактную выносливость их рабочих поверхностей.

Усталостные испытания зубьев на изгиб позволяют оценить влияние конструктивных особенностей, материала, характера термообработки и упрочнения поверхности на предел выносливости и (или) долговечность зубчатых колес. В конечном итоге это позволяет обнаружить причины преждевременного разрушения.

В соответствии с п. 4.15 ГОСТ 30803–2014 критерием предельного состояния по контактной выносливости колеса принимается износ его зубьев, характеризуемый степенью уменьшения толщины зуба не более 0,3 модуля. Поэтому, несмотря на большую распространенность в эксплуатации контактного выкрашивания поверхностей и изменения формы зубьев, это не приводит к внезапным отказам в их работе. Главная опасность состоит в изломе зубьев, так как в результате происходит моментальный отказ, что может вызвать большие сбои графика движения поездов, а также привести к перекрытию целой железнодорожной магистрали.

Определение долговечности зубчатых передач обычно осуществляется на нагрузочных стендах с замкнутым и разомкнутым энергетическим контуром. В этом случае испытанию подвергается в целом зубчатая передача или редуктор, что требует дорогостоящего и нестандартного оборудования и значительных затрат времени и средств на испытания. Так как в реальных условиях эксплуатации нагрузка, испытываемая зубьями при работе зубчатой передачи, изменяется от нуля до максимума по знакопостоянному циклу, то испытания на усталостный изгиб удобнее выполнять на гидравлических машинах пульсаторного типа.

При проведении испытаний использовалась испытательная машина фирмы MTS, обеспечивающая нагружение с частотой 5–20 Гц. Для реализации такого рода испытаний разработана специальная технологическая оснастка, обеспечивающая жесткое закрепление зубчатого колеса и сохранение его в течение всего испытания в неподвижном состоянии. В результате через нагружающую головку повторнопеременная нагрузка исполнительного механизма передается на испытываемые зубья шестерни.

В соответствии с требованиями ГОСТ 30803–2014 зубчатое колесо по критерию изгибной усталости без разрушения должно выдержать 4 миллиона циклов, а испытания должны проводиться по ГОСТ 25.507–85. В свою очередь ГОСТ 25.507–85 регламентирует, что при испытаниях максимально должны быть смоделированы условия реальной эксплуатации. В результате проведенных исследований для зубчатых колес была получена характерная циклограмма, т. е. график изменения вращающего момента во времени. В результате для испытаний принимается диаграмма циклического блочного нагружения состоящая из 10–15 блоков. Расчетная окружная сила рассчитывалась

по методике ГОСТ 21354-87. После проведения испытаний в течение 4 миллионов циклов разрушение зубьев шестерни отсутствовало, а трещин в области переходной кривой не обнаружено.

В 2019 году вступает в действие ГОСТ 34510–2018 «Колеса зубчатые тяговых передач тягового подвижного состава. Методы определения изгибной и контактной усталостной прочности», который дополнительно регламентирует контроль контактной прочности. В данном направлении нами развивается метод ускоренных испытаний малоразмерных моделей зубчатого зацепления в соответствии с государственным стандартом. С помощью метода получают результаты, удовлетворительно коррелирующие с результатами, полученными при соответствующих стендовых испытаниях. К основным достоинствам метода можно отнести минимальную стоимость и продолжительность испытаний, а также приемлемую для практики погрешность.

Считаем, что использование предлагаемой методики испытаний и технологической оснастки позволяет сократить длительность испытаний зубьев колес и затраты на реализацию таких испытаний.

УДК 629.4 : 620.178.3

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СХЕМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА НАГРУЖЕНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ ВАГОНОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ХОДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

В. В. КОМИССАРОВ, В. В. САЗОНОВ, П. М. БУЙЛЕНКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Детали машин и элементы конструкций в процессе эксплуатации подвергаются переменным по величине и во времени нагрузкам, которые, как известно, приводят к усталостному разрушению – накоплению в металле под действием переменных нагрузок микрповреждений, возникновению усталостной трещины и окончательному разрушению. Наибольшее число усталостных разрушений связано с многоцикловогой усталостью. Число циклов переменных нагружений в этом случае составляет 10^5 – 10^8 , а деформация металла во время каждого цикла является упругой. Потому на практике не удается оценить степень усталостного повреждения деталей в процессе эксплуатации и, следовательно, предупредить появление усталостных отказов.

Общепринято, что усталостная прочность несущих конструкций железнодорожных вагонов характеризуется коэффициентом запаса. При его значениях выше установленных норм (допускаемой величины) подразумевается, что в течение всего времени эксплуатации вагона возникновение усталостных трещин в металле принципиально невозможно. Выводы об усталостной прочности несущих конструкций железнодорожных вагонов в соответствии с действующими требованиями должны формироваться по результатам ходовых испытаний с непрерывным измерением действующих нагрузок (возникающих напряжений), а контролировать текущее усталостное повреждение деталей при эксплуатации возможно, если использовать соответствующие гипотезы суммирования повреждений.

При прогнозировании усталостной долговечности случайные процессы нагружения деталей заменяются некоторым схематизированным процессом (ГОСТ 25.101–83), который по уровню вносимого усталостного повреждения должен быть эквивалентен реальному. В настоящее время в Испытательном центре железнодорожного транспорта (ИЦ ЖТ БелГУТа) создается и активно используется компьютерная система обработки результатов ходовых испытаний. В рамках проводимой работы внедрены алгоритмы выделения полных циклов двухпараметрических методов схематизации: метод полных циклов и метод «дождя». Выбор данных методов обусловлен коэффициентом нерегулярности процесса нагружения: отношением числа пересечений процессом уровня средней нагрузки к числу экстремумов.

Перед применением каждого из методов осуществляют подготовку процесса нагружения. Сначала диапазон изменения нагрузок процесса разбивается равноотстоящими уровнями нагрузок на классы одинаковой ширины. Ширина класса отражает масштаб при схематизации и показывает, какая нагрузка соответствует одному классу. Затем выделяют экстремумы. Соседние экстремумы, образующие размах меньше ширины класса, выделению не подлежат. Далее применяют непосредственно сам метод схематизации.

Эмпирические функции распределения F_3 и плотности распределения f_3 для заданного участка (стрелка, скорость 10 км/ч) представлены на рисунке 1.

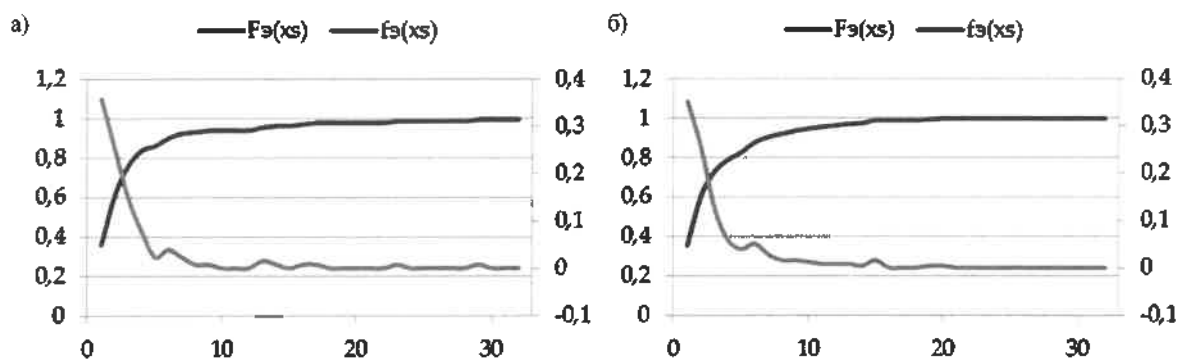


Рисунок 1 – Эмпирические функции распределения F_3 и плотности распределения f_3 :
а – метод полных циклов; б – метод дождя

В конечном итоге планируется, что разрабатываемый программный продукт обеспечит синтез результатов всех испытаний вагонов с интегрированной обработкой процесса нагружения, его схематизацией и оценкой поврежденности.

УДК 629.4.01

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОДОШВЕ РЕЛЬСА ПО СИЛОВЫМ ФАКТОРАМ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ КОЛЕСА И РЕЛЬСА

А. И. КОНОВАЛОВ, А. В. БЕЛЯНКИН, Д. А. СЕРГЕЕВ, Д. Е. КУМПИЯК

ООО «Тихвинский испытательный центр железнодорожной техники», Российская Федерация

Определение напряжений в подошве рельса при движении вагона по железнодорожному пути имеет важное значение для безопасности движения, потому что этот параметр характеризует прочность рельса при воздействии на него колеса. В настоящее время напряжения в подошве рельса, как правило, измеряются непосредственно тензорезисторами, что является затруднительным в связи с непростой подготовкой.

Для статических исследований в среде SolidWorks была создана твердотельная модель рельса, установленного на шпалах.

Если рассматривать рельс как балку на опорах, то напряжения, возникающие в подошве рельса в определенном сечении, сильно зависят от количества опор (шпал) в исследуемой системе, так как от этого зависит изгибающий момент, возникающий в рассматриваемом сечении. Поэтому в первую очередь было проведено исследование по зависимости напряжений в подошве рельса от количества шпал. К рельсу на шпалах прикладывались вертикальная и боковая сила. В каждом опыте менялось количество шпал, а величины сил оставались неизменными.

Анализ графиков зависимости напряжений в подошве рельса от количества шпал показал, что влияние количества шпал на напряжения в подошве рельса в исследуемом сечении пропадает примерно после десяти шпал. В количественном представлении, погрешность измерения напряжений при десяти шпалах становится менее 0,5 процента. Поэтому при дальнейших исследованиях использовалась модель рельса на десяти шпалах.

Была выбрана система координат, в середине рельса было смоделировано 63 датчика, измеряющих напряжения по оси z , в 21 сечении, расположенном между осями двух соседних средних шпал. Сечения располагались с одинаковым шагом, в каждом из них располагались датчики, измеряющие два кромочных напряжения и одно осевое.

Далее было выполнено исследование зависимости напряжений в подошве рельса от положения вертикальной силы. В сечении по центру рельса прилагалась вертикальная сила 125 кН со смещением 20 мм в обе стороны по оси x .

Исследование показало, что кромочные напряжения зависят нелинейно от смещения вертикальной силы в сечении, осевое напряжение не зависит от смещения вертикальной силы в сечении.

Далее к рельсу прилагалась вертикальная сила 125 кН со смещением вдоль рельса по оси z .

Исследование показало, что при перемещении вертикальной силы между шпалами кромочное напряжение, измеренное в сечении посередине пролёта, не является максимальным.

Затем к рельсу прикладывались совместно вертикальная сила и боковая. Величина вертикальной силы была постоянная и составляла 125 кН, величина боковой силы в разных опытах была различная.

Исследование показало, что кромочные напряжения зависят линейно от изменения величины боковой силы в сечении, осевое напряжение не зависит от изменения величины боковой силы в сечении.

На основании данных моделирования зависимостей напряжений от смещения вертикальной силы и от боковой силы с помощью поиска решения Excel были подобраны коэффициенты в формулах определения кромочного напряжения по смещению вертикальной силы и от величины боковой силы.

После была получена общая зависимость максимального кромочного напряжения от смещения вертикальной силы и величины боковой силы.

Далее была проведена проверка полученных выражений на модели. Также были произведены приложения сил с учётом одновременно двух факторов, влияющих на кромочные напряжения: смещение вертикальной силы, величина боковой силы. Кромочные напряжения были измерены смоделированными датчиками и рассчитаны полученными формулами.

Проверка показала, что напряжения, рассчитанные по полученным формулам, незначительно отличаются от измеренных непосредственно.

После этого были проведены исследования на реальном железнодорожном пути.

В итоге проделанной работы получены зависимости, которые помогут в вопросе определения напряжений в подошве рельса по силовым факторам, возникающим при взаимодействии колеса и рельса.

Список литературы

- 1 Анисимов, П. С. Испытания вагонов : [монография] / П. С. Анисимов. – М. : Маршрут, 2004. – 197 с.
- 2 Вериги, М. Ф. Динамика вагонов. Конспект лекций / М. Ф. Вериги. – М. : Типография ВЗИИТа, 1971. – 173 с.
- 3 Чернышев, М. А. Практические методы расчета пути / М. А. Чернышев. – М. : Транспорт, 1967. – 236 с.
- 4 Железнодорожный путь / Т. Г. Яковлева [и др.] ; под ред. Т. Г. Яковлевой. – М. : Транспорт, 1999. – 405 с.

УДК 625.03

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПУТЬ ПРИ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЯХ

С. А. КОРИНЧУК, Н. Н. СУВАЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Во время проведения ходовых динамических испытаний железнодорожного подвижного состава колеи 1520 мм проводятся испытания по определению допустимых уровней показателей воздействия железнодорожного подвижного состава на путь и стрелочные переводы с целью определения фактических значений показателей воздействия железнодорожного подвижного состава на железнодорожный путь.

При проведении испытаний измеряются:

– вертикальная статическая нагрузка колесной пары единицы железнодорожного подвижного состава на рельсы: нагрузка единицы железнодорожного подвижного состава на рельсы, отнесенная к одной колесной паре, с учетом фактического расположения центра тяжести наддрессорного строения;

– боковая сила: проекция силы, воспринимаемой внутренней боковой поверхностью головки рельса от воздействия колеса единицы железнодорожного подвижного состава, на поперечную плоскость железнодорожного пути, проходящую через точку контакта колеса и головки рельса;

– комплексные динамические (ходовые) и по воздействию на железнодорожный путь и стрелочные переводы испытания (далее – комплексные испытания) – испытания железнодорожного подвижного состава, в процессе которых осуществляется одновременная (синхронизированная по времени проведе-

ния) регистрация динамических процессов на железнодорожном подвижном составе и в элементах верхнего строения пути, а также в элементах стрелочных переводов.

При сертификации железнодорожного подвижного состава показатели допустимого воздействия на путь при движении по прямым, кривым участкам пути и стрелочным переводам приводятся для скоростей движения, не превышающих конструкционную скорость. Измерения проводят в процессе поездок испытуемого железнодорожного подвижного состава, включаемого в состав опытного (испытательного) поезда.

На рельсовых элементах стрелочных переводов допускают наклейку тензорезисторов только на наружную кромку подошвы рельса переводной и закрестовинной кривых, рамных рельсов и кромку подошвы острия стрелочных переводов. Активные тензорезисторы наклеивают на расстоянии от 2 до 5 мм от наружной и внутренней кромок подошвы рельса (наружной кромки подошвы острия).

Применяют тензорезисторы с номинальным сопротивлением от 100 до 700 Ом и базой от 10 до 20 мм.

Тензометрическими схемами, собранными на шейке рельса, измеряют боковые силы по разности противоположных по знаку изгибающих моментов, возникающих в шейке рельса под воздействием боковых сил (метод Шлюмфа) (рисунок 1).

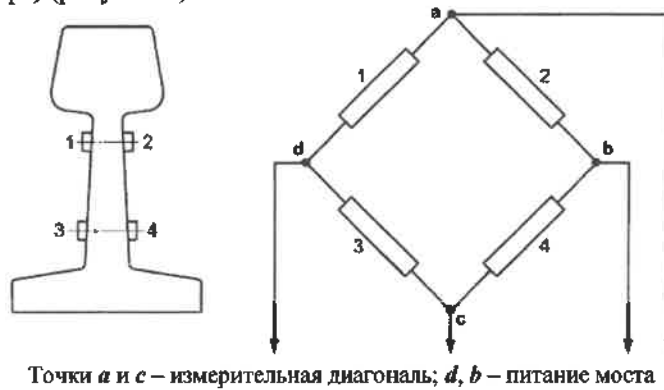


Рисунок 1 – Схема измерения боковых сил на шейке рельса тензометрическими датчиками по методу Шлюмфа

В измерительном сечении рельса тензорезисторы 1–4 располагают на шейке рельса попарно с наружной и внутренней сторон. Продольные оси тензорезисторов располагают над нейтральной осью поперечного сечения рельса (тензорезисторы 1 и 2) и под нейтральной осью (тензорезисторы 3 и 4) в сечениях с одинаковой толщиной шейки.

Для измерения вертикальных сил и напряжений в подошве рельса используются полумостовые тензометрические схемы (рисунки 2, 3).

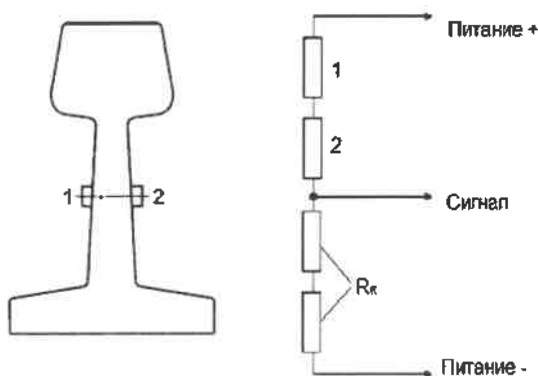


Рисунок 2 – Схема измерения вертикальных сил на шейке рельса тензометрическими датчиками (в измерительном сечении рельса тензорезисторы 1, 2 располагают на шейке рельса с наружной и внутренней сторон. Продольные оси тензорезисторов располагают посередине нейтральной оси поперечного сечения рельса. Тензорезисторы 3, 4 расположены в термокомпенсации)

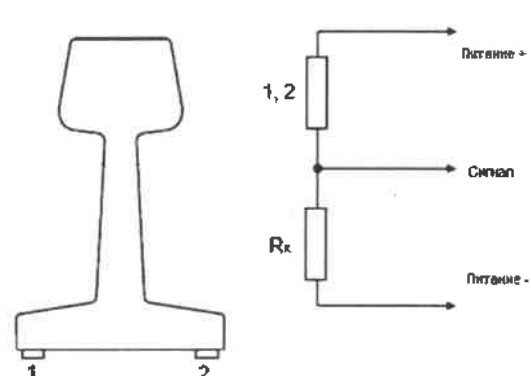


Рисунок 3 – Схема измерения напряжений в подошве рельса тензометрическими датчиками (измерения напряжений производят с применением тензометрических схем с температурной компенсацией, формируемых на наружной и внутренней кромках подошвы рельса в одном поперечном сечении рельса. При этом активные тензорезисторы ориентируют параллельно продольной оси рельса, а компенсационные – перпендикулярно продольной оси рельса)

При испытаниях возникает необходимость в подключении на каждом испытательном сечении двух тензодатчиков с термокомпенсациями, установленных на подошве рельса, двух спаренных тензодатчиков с термокомпенсациями, установленных на шейке рельса для измерения вертикальных сил, и четырех тензодатчиков для измерения боковых сил, подключенных в соответствии с рисунком 1 по методу Шломпфа.

Измерительный комплекс MGC plus укомплектован платами, которые позволяют подключить два разъема DB25. К каждому разъему DB25 подключается 4 кабеля (рисунок 4), каждый из которых позволяет подключить по одной измерительной схеме.

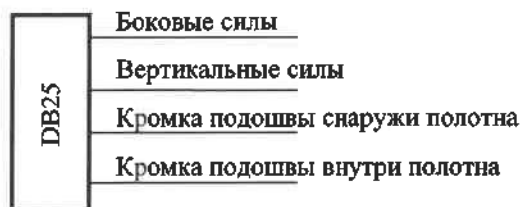


Рисунок 4 – Схема монтажа кабелей в разъем DB25

В итоге одним разъемом DB25 подключается одно измерительное сечение.

Для испытаний, используется кабель КСПВЭГ 6×0,20. Выбор этого кабеля обусловлен тем, что:

- толщина кабеля 6 мм позволяет облегчить его доставку к месту работ и монтаж на участке;
- наличие экранирования уменьшает влияние внешних электрических факторов;
- толщина проводов в кабеле 0,2 мм², что упрощает монтаж его в разъем DB25;
- материал проводов медь уменьшает собственное электрическое сопротивление.

Разработанная схема подключения с использованием кабеля КСПВЭГ хорошо зарекомендовала себя при испытаниях железнодорожного подвижного состава как на территории Республики Беларусь, так и за её пределами из-за простоты подключения и хорошей степени защиты от внешних воздействий, влияющих на качество полученных результатов.

УДК 01.02.03

КОНЦЕПЦИЯ РЕАЛИЗАЦИИ РЕСУРСНОГО ПОДХОДА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В. С. КОССОВ, Э. С. ОГАНЬЯН, Г. М. ВОЛОХОВ, М. Н. ОВЕЧНИКОВ, А. А. ЛУНИН
АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический
институт подвижного состава» (ВНИКТИ), г. Коломна, Российская Федерация

Практика изготовления и эксплуатации ответственных конструкций показывает, что при существующем уровне научных, конструкторских и технологических проработок не удается полностью исключить повреждения, отказы и аварии в техносфере. Это требует дальнейшего развития работ по определению и обоснованию прочности, ресурса и рисков объектов. В связи с этим применительно к эксплуатирующимся объектам возникла новая проблема – обоснование возможности продления их дальнейшей эксплуатации в условиях уже накопленных повреждений, в том числе и для объектов, для которых ресурсы не определялись и не назначались ранее. Решение этой проблемы должно базироваться на установлении фактического состояния металла, дефектов, на анализе изменения механических свойств материала (особенно пределов длительной и циклической прочности и пластичности) после длительной эксплуатации, на разработке методов и средств восстановления ресурса. В связи с выработкой назначенного срока службы оборудования подвижного состава (ПС) и объектов инфраструктуры (ОИ) необходима оценка их ресурса как элемент специального научно-технического сопровождения для обеспечения надежности и безопасности, снижения затрат на дальнейшую эксплуатацию ПС и ОИ.

В соответствии с действующими нормативными документами (ГОСТ Р 55513, ГОСТ Р 55514, ГОСТ Р 55364) оценка прочности и долговечности объектов железнодорожной техники производится по коэффициентам запаса статической прочности и сопротивления усталости. Однако коэф-

коэффициенты запаса не в полной мере учитывают случайный характер и интенсивность эксплуатационных нагрузок, под действием которых происходит накопление усталостных повреждений, не позволяет оценить ресурс и судить о вероятности поломки детали или степени такого риска за срок ее службы. В условиях увеличения нагруженности объектов, а также в связи с их старением прочность необходимо подтверждать не только по коэффициентам запаса, но и расчетами на долговечность (ресурс), учитывающими технологические, конструкционные и эксплуатационные факторы, обуславливающие работоспособность объектов и безопасность эксплуатации с заданными уровнями риска (надежности). По величине ресурса с введением соответствующих запасов (по напряжениям, деформациям, долговечности, критическим температурам, длине трещины) устанавливается срок службы объекта до исчерпания назначенного ресурса или до очередного освидетельствования и оценки состояния. По результатам оценки ресурса определяется возможность дальнейшей безопасной эксплуатации объекта с указанием сроков службы и необходимых мероприятий по модернизации, ремонту и замене поврежденных элементов объекта, необходимость уточнения режимов эксплуатации, а также сроков повторных оценок состояния и ресурса.

Особенностью повреждения рельсов в эксплуатации является сочетание конкурирующих повреждающих процессов: механическая усталость, износ, коррозия и фреттингкоррозия усугублённых электромеханическими явлениями в пятне контакта «колесо – рельс» при наличии в нём «третьего тела», разнообразие которого не поддаётся однозначному описанию и классификации. На изложенные процессы эксплуатации рельсов и их взаимодействия с колёсами тягового и нетягового подвижного состава накладываются природно-климатические факторы, которые для России характеризуются чрезвычайно широким диапазоном температур, влажности, изрезанностью ландшафта, особенностями геологического строения грунтов, зон пролегания дорожного полотна и, как следствие, фактическим техническим состоянием по содержанию пути.

Проблемы ресурса рельсов на различных стадиях жизненного цикла, его расчёта, экспериментального подтверждения, поддержания работоспособного состояния, диагностики и мониторинга в эксплуатации являются актуальными и чрезвычайно сложным наукоёмким направлением исследований. На данном этапе является целесообразным провести систематизацию накопленного опыта и нормативной базы оценки ресурса с достижением необходимой точности и достоверности оценки его величины. Известно, что дефекты на поверхности катания рельса подвержены интенсивному воздействию колес и обычно не получают дальнейшего развития. Более опасны подповерхностные дефекты, они способны развиваться в опасные раковины и трещины. На величину ресурса существенно влияют принятые распределения положения пятна контакта на головке рельса. Поэтому важно получить в процессе компьютерного моделирования значения наработки рельсов до образования контактно-усталостных повреждений и принять их как базовые. Исследованиями установлено, что если в процессе работы системы «колесо – рельс» происходит повышение твердости головки рельса, то одновременно повышается сопротивление как изгибной, так и контактной усталости. Причём процесс упрочнения будет иметь место только до тех пор, пока не наступит перелом зависимости $\sigma_1(HV)$ – переход в критическую область. Это область начала поверхностного разрушения. Наряду с вероятностными методами оценки повреждаемости рельсов на базе линейной гипотезы накопления повреждений с использованием циклических эксплуатационных данных, представляется целесообразным развитие расчётно-экспериментальных методов исследований с построением математических моделей подвижного состава (ПС), пути (П) и взаимодействия в системе «колесо – рельс».

Для исследования напряженно-деформированного состояния (НДС), описания и прогнозирования повреждаемости рельсов в эксплуатации создана комплексная система численного моделирования условий работы рельсового пути при движении поезда и качении колеса по рельсу. Такая «железнодорожная механическая система» (ЖДМС) включает в себя математические модели ПС, П контакта «колесо – рельс» (к – р). Модели разработаны на основе использования параметров, характеристик, свойств и показателей взаимодействия элементов ПС и П, полученных по результатам проведения научно-исследовательских работ (НИР), анализа экспериментальных и эксплуатационных данных. Динамические модели ПС (локомотива, вагонов) состоят из твердотельных компонентов (колесная пара, тележки, кузов) с упруго-диссипативными связями между собой.

В модели учитывается влияние деформаций растяжения-сжатия, нормальных к площадке максимальных сдвиговых деформаций в зоне контакта «колесо – рельс» по уравнению Брауна – Миллера.

Был произведен расчёт НДС в зоне контакта катящегося колеса и рельса выполнялся с использованием подробных трёхмерных конечно-элементных (КЭ) моделей. В расчёте КЭ модель вагонного колеса диаметром 957 мм прокатывалась по КЭ модели отрезка рельса Р65 длиной 500 мм при разных значениях вертикальной нагрузки на колесо в диапазоне от 5 тс до 20 тс.

Из полученных результатов следует, что максимальные эквивалентные по Мизесу напряжения в материале рельса расположены на глубине примерно 5 мм под поверхностью головки рельса. С увеличением глубины эти напряжения быстро уменьшаются.

Имеющиеся в распределениях действующих осевых нагрузок высокие их значения от ударов колеса о рельс в расчётах, как правило, отбрасывают. Величина отсечения в данном случае принималась 20 тс на колесо. Важно отметить что, несмотря на малую их долю, такие нагрузки вносят существенный вклад в исчерпание ресурса и их опосредованный учёт в другом виде является важным инструментом настройки модели. По итогам расчетов была построена кривая зависимости ресурса рельса от осевой нагрузки.

Представляется возможным для расчёта и последующего подтверждения испытаниями ресурса колёс и рельсов разработать «виртуальный железнодорожный полигон» и установить для него протяжённости прямых, кривых, описать техническое состояние шпальной решётки, жёсткости пути, ввести допускаемые величины отступлений и их частоту на км протяжённости и величину массы, скорости вождения составов, частоту и время торможения, диапазоны изменения температур и другие существенные, определяющие ресурс факторы.

УДК 006.015.8: 625.1

РАЗРАБОТКА И ПОСТАНОВКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВО

*Ю. И. КУЛАЖЕНКО, В. С. ЗАЙЧИК, А. А. КЕБИКОВ, Е. М. АЛЬХОВСКАЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

ГОСТ 15.902–2014 устанавливает порядок разработки и постановки на производство нового (модернизированного, модифицированного, усовершенствованного) железнодорожного подвижного состава, в том числе: локомотивов (тепловозов, электровозов); дизель-поездов; электропоездов; моторвагонного подвижного состава; пассажирских вагонов; грузовых вагонов; специального железнодорожного подвижного состава (самоходного и несамоходного); составных частей.

При разработке и постановке на производство железнодорожного подвижного состава и его составных частей можно выделить следующие этапы работ: создание исходных требований для разработки; опытно-конструкторские работы; постановка на производство; модернизация.

Железнодорожный подвижной состав, изготовленный в процессе освоения производства (установочная серия), подвергаются квалификационным испытаниям. Квалификационные испытания включают: проверку разработанного технологического процесса, который должен обеспечивать стабильное изготовление продукции; проверку наличия соответствующей конструкторской документации; подтверждение готовности производства изготовителя к выпуску железнодорожного подвижного состава в заданном объеме. Положительные результаты квалификационных испытаний оформляют актом квалификационной комиссии.

Железнодорожный подвижной состав и его составные части вводятся в обращение при их соответствии техническим регламентам, распространяющимся на данную продукцию (ТР ТС 001/2011, ТР ТС 002/2011). Подтверждение соответствия продукции проводится при положительном решении приемочной комиссии в форме сертификации или декларирования.

Изготовленный железнодорожный подвижной состав до его отгрузки, передачи или продажи заказчику подлежит приемке с целью удостоверения его годности для использования в соответствии с требованиями, установленными в стандартах и (или) технических условиях, договорах, контрактах.

Для контроля качества и приемки изготовленного железнодорожного подвижного состава установлены следующие основные категории испытаний: приемо-сдаточные и периодические.

Приемо-сдаточные и периодические испытания в совокупности должны обеспечивать достоверную проверку всех свойств выпускаемой продукции, подлежащих контролю на соответствие требованиям стандартов, и представлять собой элементы приемки продукции у изготовителя. Испытания проводят в соответствии с требованиями стандартов на продукцию, правил приемки и методов испытаний. При отсутствии подобных стандартов или при отсутствии в них необходимых требований дополнительные требования к испытаниям включают в технические условия.

Для оценки эффективности и целесообразности внесения предлагаемых изменений в конструкцию выпускаемой продукции или в технологию ее изготовления проводят типовые испытания. В целях подтверждения железнодорожного подвижного состава требованиям технических регламентов проводят сертификационные испытания или используют результаты испытаний других категорий.

Категории испытаний по составу могут включать в себя один или несколько видов или групп испытаний (механические, электрические, климатические) и видов контроля (визуальный, измерительный) и проводиться в один или несколько этапов. В случае выделения испытания в самостоятельную категорию, правила использования результатов испытаний при принятии решений о приемке продукции должны быть отражены в программах и методиках этих испытаний.

Результаты испытаний единиц продукции считают положительными, а продукцию – выдержавшей испытания, если она испытана в объеме и последовательности, которые установлены для данной категории испытаний в стандартах на продукцию, а результаты подтверждают соответствие испытываемых единиц продукции заданным требованиям. Если по результатам испытаний будет установлено несоответствие продукции хотя бы одному требованию, установленному в стандартах на продукцию для проводимой категории испытаний, результаты испытаний единиц продукции считают отрицательными, а продукцию – не выдержавшей испытания.

Корректная организация работ по разработке и постановке на производство позволяет эксплуатировать на железной дороге современный и безопасный железнодорожный подвижной состав, который должен отвечать следующим основным требованиям: безопасность; надежность; эксплуатационная готовность; охрана здоровья; защита окружающей среды; техническая совместимость с инфраструктурой железнодорожного транспорта.

Основные требования должны быть дополнены специальными требованиями к подвижному составу и его техническому обслуживанию.

УДК 656.2

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОЛЕСА И РЕЛЬСА ПРИ ДВИЖЕНИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ

Е. Г. ЛЕОНЕНКО

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Красноярск, Российская Федерация

Одной из ключевых отраслей экономики является железнодорожный транспорт. На его долю приходится 80 % всего грузооборота Российской Федерации. Безопасность и безотказность работы железных дорог – одна из ключевых задач ОАО «РЖД». Безопасность движения поездов напрямую зависит от технического состояния подвижного состава и пути. В настоящее время на железных дорогах РФ участились случаи транспортных происшествий, связанных со сходами порожних грузовых вагонов [2]. Почти 50 % случаев сходов порожних вагонов происходит без нарушения целостности деталей и узлов как подвижного состава, так и пути.

Согласно материалам служебных расследований причиной сходов послужили технические отклонения в содержании подвижного состава и пути. Из общей массы сходов грузовых вагонов большее количество сходов грузовых вагонов приходится на порожние цистерны, ввиду того что у них высоко расположен центр тяжести. Большее количество сходов порожних вагонов происходит из-за вкатывания гребня колеса на головку рельса. Процесс схода можно разделить на три этапа:

- 1) гребень колеса начинает приподниматься над головкой рельса;
- 2) начинается процесс движения гребня колеса по боковой грани рельса вверх;

3) на третьем этапе гребень колеса перекачивается по поверхности катания рельса и происходит сход подвижного состава с рельсов.

Для установления причин происходящего необходимо рассмотреть силы, действующие в точке контакта колеса и рельса. При движении порожнего вагона в прямых и кривых участках пути различного радиуса гребень колеса постоянно испытывает боковое давление, которое можно объяснить тем, что в процессе движения тележка вагона перемещается в горизонтальной плоскости относительно оси пути. Такое движение колесной пары можно назвать волнообразным.

Во время движения по кривым участкам пути каждое из колес колесной пары должно проходить различные расстояния. Однако объединенные в одну колесную пару, они такой возможности не имеют. В связи с этим начинается проскальзывание колес по рельсу. Таким образом, вид движения, реализуемый при движении колеса по рельсу, – качение со скольжением.

На вынужденное проскальзывание колеса относительно рельса оказывают влияние ограничения, накладываемые связями колесной пары с тележкой, кинематика колесной пары, направляемой железнодорожной колеей, и тангенциальные силы, возникающие в точке контакта колеса и рельса.

При идеальном движении вагона по различным участкам пути колесная пара должна занимать радиальное положение, но в настоящее время параметры рельсовой колеи и гребней колес это положение исключают. Нерадиальное положение колесной пары приводит к возникновению поперечного скольжения, что снижает величину коэффициента сцепления. При прохождении возможных перемещений колесной пары соответственно то, что набегающее колесо допускает перемещение вдоль образующей конуса поверхности гребня, а не набегающим колесом – вдоль касательной к профилю поверхности катания [3]. При движении вагона по идеальному железнодорожному пути гребень колеса своей выкружкой не должен взаимодействовать с рабочей гранью рельса. Ввиду того, что на железнодорожном пути имеются неровности между направлением движения колесной пары и продольной осью пути в момент начала набегания колеса на рельс образуется угол набегания. Так как колесо совершает скольжение, то угол набегания не остается постоянным, а всё время меняется.

Гребень, как клин, скользит в точке контакта на головке рельса по наклонной вниз. Поперечное скольжение тем сильнее, чем больше отклоняется колесная пара от направления своего качения и чем больше она во время касания при набегании отклоняется от своей радиальной установки. Это же относится к скольжению гребня. Указанное дополнительное поперечное скольжение поверхностей катания колеса и скольжение по наклонной вниз гребня вызывает противоположно направленное скольжению сопротивление. Требуемое направление движения набегающей колесной пары в кривой или на прямом участке колеи требует, чтобы колесная пара совершала движение, не изменяя своего угла по отношению к оси колеи. По этой же причине колесная пара должна не только перемещаться поперек пути, но и поворачиваться соответственно кривизне пути вокруг вертикальной оси, но имеющаяся разница радиусов кругов катания почти никогда не бывает достаточной для необходимого поворота колесной пары. Это непосредственно не может вызвать и направляющее усилие гребня.

Таким образом, для того, чтобы осуществлялся нормальный поворот одиночной колесной пары в кривой, необходимо, чтобы отношение диаметров кругов катания внутреннего и наружного колес равнялось отношению радиусов внутренних и наружных ниток кривой. Если отношение будет меньше отношения радиусов колеса, то колёса будут работать в режиме проскальзывания и сухого трения.

При следовании по кривой гребень колеса прижимается к головке рельса, может иметь место одноточечное или двухточечное касание. Вид касания зависит от геометрических параметров гребня колеса и головки рельса, величины подуклонки рельсов и величины горизонтальной силы взаимодействия между гребнем и рельсом.

Поскольку профиль гребня колеса пологий, по кругу катания этот профиль имеет конусность равную 1:10, то при вписывании в кривую малого радиуса наружное колесо начинает набегать на рельс. Почти у каждой набегающей колесной пары её направление качения с продольным направлением рельсов в точке контакта гребня составляет небольшой угол α , т. е. угол набегания γ . В результате угла набегания ось вращения колесной пары отклоняется от главного радиуса.

Угол между направлением подхода колесной пары к точке набегания и продольным направлением рельсов в поперечном сечении гребня в момент начала набегания называют *углом удара*. Он только тогда отличается от угла набегания, когда колесо перемещается не только качением, а имеет

еще и дополнительное скольжение к моменту набегания. Угол набегания гребня колеса на рельс зависит от зазора между гребнем колеса и рабочей гранью головки рельса и непараллельности осей колесных пар, вызванной наличием зазора между буксой и боковой челюстью боковины, и определяется как их сумма. Сход порожнего вагона с рельсов произойдет, когда углы набегания больше допустимых. Допустимые углы набегания рассчитываются согласно нормативам пути и подвижного состава, но без учета допустимых отклонений в содержании вагона (таблица 1). Перекос кузова вагона возможен из-за разницы зазоров в скользунах, разницы высоты рессорного подвешивания и т. д.

Таблица 1 – Углы набегания колеса на рельс на рассмотренных участках схода порожних вагонов

Угол набегания, рад	Радиус кривой R, м				
	583	641	1033	1180	1309
Допустимый	0,074	0,067	0,0815	0,0714	0,052
Колеса на рельс	0,0221	0,017	0,022	0,0225	0,019

Анализируя данные, полученные по результатам расчета угла набегания, можно сделать вывод, что углы набегания не опасны для движения поездов при условии технически исправного состояния железнодорожного пути и вагонов.

Список литературы

- 1 Буйносов, А. П. Взаимодействие колеса и рельса / А. П. Буйносов // Путь и путевое хозяйство. – 1999. – № 5. – С. 22–25.
- 2 Леоненко, Е. Г. Техническая эксплуатация железных дорог и безопасность движения : учеб. пособие / Е. Г. Леоненко. – М., 2017. – 221 с.
- 3 Медель В. Б. Взаимодействие электровоза и пути / В. Б. Медель. – М. : Трансжелдориздат, 1956. – 336 с.

УДК 665.76:543.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СМАЗЫВАЕМЫХ ПАР ТРЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПУТЕМ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ К ЗАДИРУ ЗА СЧЕТ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НАНОРАЗМЕРНЫМИ ПРОДУКТАМИ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ ТВЕРДОФАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ

С. Д. ЛЕЩИК, Н. П. РУСАК, Ж. В. ЦАРИКОВИЧ, Н. К. ЛИСАЙ

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь

Введение. В конструкции любой транспортной техники присутствуют пары трения. Надежность подвижного состава во многом зависит от долговечности узлов трения. Значительная часть из них работает в присутствии смазочных материалов. Условия работы смазочных материалов, например, моторных масел, зачастую весьма тяжелые. Масло обеспечивает не только уменьшение сил трения и износа деталей, но и отвод теплоты и продуктов изнашивания из зоны трения. От длительности периода, в течение которого масло сохраняет свои эксплуатационные характеристики, зависит и надежность техники. Одним из путей улучшения и длительного сохранения характеристик масел является модифицирование последних различными присадками, в том числе наноразмерными частицами [1–4].

Целью настоящей работы явилось исследование триботехнических характеристик пар трения, смазываемых моторным маслом, модифицированным наноразмерными частицами, которые были получены с использованием метода импульсной лазерной абляции твердофазных материалов в жидкости.

Материалы, методика и техника эксперимента. Частицы модификатора вводили в нефтяное моторное масло. Концентрация модификатора в масле составляла 0,01 г/дм³. В качестве модификатора моторного масла были использованы продукты импульсной лазерной абляции (ИЛА) графита, политетрафторэтилена (ПТФЭ), свинца и меди в жидкости. Получение наномодификатора методом

импульсной лазерной абляции производили следующим образом. Абляцию проводили излучением неодимового лазера LS-2147 с длиной волны 535 нм. Плотность мощности лазерного излучения в пятне на поверхности мишени составляла величину порядка 10^8 Вт/см². Длительность импульсов составляла 30 нс. В качестве жидкости использовали этанол. Схема установки и методика получения частиц путем проведения ИЛА твердофазных веществ в жидкой среде подробно изложена в литературе [5, 6]. В результате получали наносuspензию – взвесь продуктов абляции в жидкости. При сушке наносuspензии получали порошок, который вводили в моторное масло.

Размерные характеристики наночастиц, полученных для введения в моторное масло с помощью метода импульсной лазерной абляции оценивали с привлечением метода атомно-силовой микроскопии.

Испытания пары трения «сталь – сталь» на задиристость проводили в диапазоне скоростей скольжения от 1 м/с до 5 м/с при смазывании чистым и модифицированным маслом по схеме «вал – частичный вкладыш» в режиме граничного трения. Перед испытаниями вкладыш с номинальной площадью контакта 2 см² прирабатывали до появления следов трения по площади не менее 90 % от номинальной. Вал изготавливали из стали X12M с твердостью рабочей поверхности HRC = 60 и шероховатостью не более $R_a = 0,32$ мкм. Материал вкладыша – сталь 45. Удельная нагрузка задира определялась при скорости нагружения, равной 1 МПа/ч. Нагружение производилось дискретно с шагом 0,05 МПа. Нагрузку задира (критическую нагрузку) определяли по резкому возрастанию силы трения и температуры в зоне контактирования трущихся тел, после чего эксперимент прекращали.

Результаты. Установлено, что продукты ИЛА, вводимые в масло в качестве модификатора, преимущественно имеют размер до 100 нм с максимумом распределения частиц по размеру в области от 20 нм до 60 нм.

В таблице 1 приведены результаты экспериментальных исследований триботехнических характеристик пар трения, смазываемых исходными модифицированными высокодисперсными частицами масла. Триботехнические испытания показали следующее. Выявлено, что в парах трения, смазываемых маслом с добавлением наночастиц, полученных лазерной абляции графита, и работающих в режиме граничного трения, задиры возникают при больших нагрузках, чем при смазывании чистым маслом. Увеличение задиристости по нагрузке не превышает значений в 10 %, что близко к погрешностям, характерным для триботехнических испытаний. Еще более выраженный эффект повышения задиристости получен при использовании в качестве модификатора продуктов абляции ПТФЭ. Введение в масло сочетания из двух модификаторов (продуктов абляции графита и ПТФЭ) синергического эффекта не принесло. Существенного влияния продуктов абляции свинца в составе масла на задиристость не выявлено. Наиболее существенный эффект получен при модифицировании масла частицами образовавшимися при абляции медной мишени.

Таблица 1 – Результаты триботехнических испытаний

Образец	Нагрузка задира, МПа, при скорости скольжения, м/с		
	1,0	2,2	5,0
Чистое масло	2,70	1,80	1,65
Чистое масло + продукты абляции свинца	2,70	1,85	1,65
Чистое масло + продукты абляции меди	3,25	2,20	1,90
Чистое масло + продукты абляции графита	2,80	1,95	1,80
Чистое масло + продукты абляции ПТФЭ	2,85	2,05	1,85
Чистое масло + продукты абляции графита + продукты абляции ПТФЭ	2,90	2,05	1,85

На основании полученных результатов можно предположить, что при наличии положительного эффекта действие модификаторов в узле пары трения сводится к увеличению фактической площади контакта и уменьшению контактных напряжений за счет формирования тончайших пленок на трущихся поверхностях. Это приводит к уменьшению вероятности разрыва масляной пленки и схватывания поверхностей.

Заключение. Выявлено, что в парах трения, смазываемых маслом с добавлением наночастиц, которые получены лазерной абляцией таких материалов, как графит, ПТФЭ, медь, и работающих в режиме граничного трения, задиры возникают при больших нагрузках, чем при смазывании чистым маслом. Таким образом, в результате проведенных исследований показана возможность использования наночастиц, синтезированных с использованием метода ИЛА, в качестве модификатора моторных масел с целью повышения долговечности смазываемых этим маслом пар трения за счет увеличения сопротивляемости их задиру.

Список литературы

- 1 Поул, Ч. Нанотехнологии / Ч. Поул-мл., Ф. Оуэнс. – М. : Техносфера, 2006. – 336 с.
- 2 Гаркунов, Д. Н. Триботехника / Д. Н. Гаркунов. – М. : Изд-во МСХА, 2001. – 616 с.
- 3 Скиба, А. Ф. Характеристики используемых в узлах автомобилей технических жидких сред, модифицированных наноразмерными добавками / А. Ф. Скиба, А. И. Сидорчик, П. И. Шупан // Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения : сб. науч. ст. по материалам II Междунар. науч. конф. молодых ученых (Гродно, 25 мая 2018 г.) ГрГУ им. Я. Купалы ; редкол.: А. А. Скаскевич (отв. ред.) [и др.]. – Гродно, 2018. – С. 134–136.
- 4 Скиба, А. Ф. Модифицирование, используемых в узлах автомобилей, технических жидких сред наноразмерными добавками / А. Ф. Скиба, П. И. Шупан, В. В. Кузьмин // Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения : сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч. конф. молодых учёных (Гродно, 25–26 мая 2017 г.). – Гродно : ГрГУ им. Я. Купалы, 2017. – С. 148–150.
- 5 Лещик, С. Д. Исследование частиц, генерированных лазерной абляцией твердых тел в жидкости / С. Д. Лещик, К. Ф. Зноско, Ю. К. Калугин // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2014. – № 4. – С. 6–10.
- 6 Синтез наночастиц методом лазерной абляции металлических материалов в жидкости в режиме наносекундных импульсов / С. Д. Лещик [и др.] // Весн. ГрДУ імя Я. Купалы. Сер. 6, Тэхніка. – 2016. – Т. 6. – № 2 (212). – С. 44–53.

УДК 625.42:629.4.015

ВЛИЯНИЕ СИЛЫ ТЯГИ И СКОРОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ КОЛЕСА ЛОКОМОТИВА НА ТЕМПЕРАТУРУ В ПЯТНЕ КОНТАКТА РЕЛЬСА И КОЛЕСА

Н. Н. ЛЯПУШКИН, А. А. ЧУЧИН, Е. В. АНДРИАНОВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Сила тяги и скольжение колеса по рельсу – причина повышения температуры в пятне контакта «колесо локомотива – рельс».

Найдем температуру в зоне контакта. При этом рассмотрим движение колеса по рельсу с продольным крипом и скоростью качения. В этом случае точки поверхности соприкосновения рельса и скользящего колеса являются источниками тепла, частично поступающего в рельс и повышающего температуру поверхностных слоев рельса. Время поступления тепла в точки, расположенные в рельсе на площадке контакта равно времени перемещения колеса на величину продольной оси контакта.

Выделенное тепло идет на нагревание поверхности бандажа и рельса. Теоретическим обоснованием тепла, выделявшегося на поверхность пятна контакта, колеса с рельсом, является теория дислокационно-пластической деформации.

На основании теории дислокационно-пластической деформации достигнуты успехи в технологии сварки металлов трением, на основании теоретических и экспериментальных достижений физики металлов.

В основе этой технологии лежит теоретически и экспериментально установленный факт образования активных центров на поверхности деталей при наличии нормального давления, действующего на них. Образование активных центров является результатом выхода дислокаций на поверхность деталей, вызванных нормальным давлением, что приводит к пластической деформации и движению дислокаций с выходом их на соприкасающиеся поверхности. Размер активных центров на соприкасающихся поверхностях составляет десятые и сотые доли миллиметра, и они устанавливают физическую связь между двумя соприкасающимися телами.

Пайрлс [2] оценил энергию активации обменного процесса (т. н. захват) – при объединении квазисвободных атомов на поверхности в $0,6–0,8$ Дж.

Примем, что энергия, выделяемая при выходе одной дислокации, равна $0,6$ Дж, тогда суммарная тепловая энергия, выделяемая в пятне контакта,

$$\Delta E = N_B N_3 \Delta E_i = 2,4 \cdot 10^{15} \text{ Дж.} \quad (1)$$

Как отмечалось ранее, большая часть этой энергии распространяется внутрь рельса. Примем, что $0,01$ % от этой энергии идет на выделение тепла при движении колеса локомотива по рельсу в пятне контакта.

Учитывая выражение (1), можно представить суммарную энергию, выделяющуюся при движении колеса, как

$$A = F_x (S_{дв} + r\varphi_{ск}) = F_x (v + v_{ск}) t_{дв}, \quad (2)$$

где F_x – сила тяги локомотива; $s_{дв}$ – путь, пройденный колесом под воздействием силы тяги; r – радиус колеса локомотива; $\varphi_{ск}$ – угол поворота колеса при скольжении.

Теплоту, равную совершенной работе ΔQ , выделявшуюся при этом в зоне контакта «колесо – рельс», выразим как $\Delta Q = Cm\Delta T$, где C – удельная теплоемкость металла колеса, $C = 450$ Дж/кг·град; m – масса среды, в которую поступает тепло, $m = \rho S\delta$; ρ – плотность среды (металла колеса), $\rho = 7,7 \cdot 10^3$ кг/м³; S – площадь контакта колеса и рельса [1] $S = 1,5 \cdot 10^{-4}$ м²; δ – глубина поступления тепла в рельс, равная толщине слоя контакта колеса и рельса, $\delta \approx 10^{-3}$ м.

Окончательно

$$C\rho 2bv t_{дв} \delta \Delta T = F_x (v + v_{ск}) t_{дв}. \quad (3)$$

После подстановки в выражение (3) приведенных значений C , ρ , b найдем разность температур ΔT , считая, что половина выделившегося тепла перейдет в колесо и что начальная температура бандажа колеса близка к нулю в градусах Цельсия.

$$T \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{F_x (v + v_{ск})}{34,65v}.$$

При температуре 850 °С, происходит рекристаллизация металла бандажа колеса.

На рисунке 1 приведена поверхность зависимости величины силы тяги, развиваемой локомотивом при данных значениях скорости движения и скольжения при температуре пятна контакта $T = 850$ °С. Расчеты были выполнены в математическом пакете Matlab.

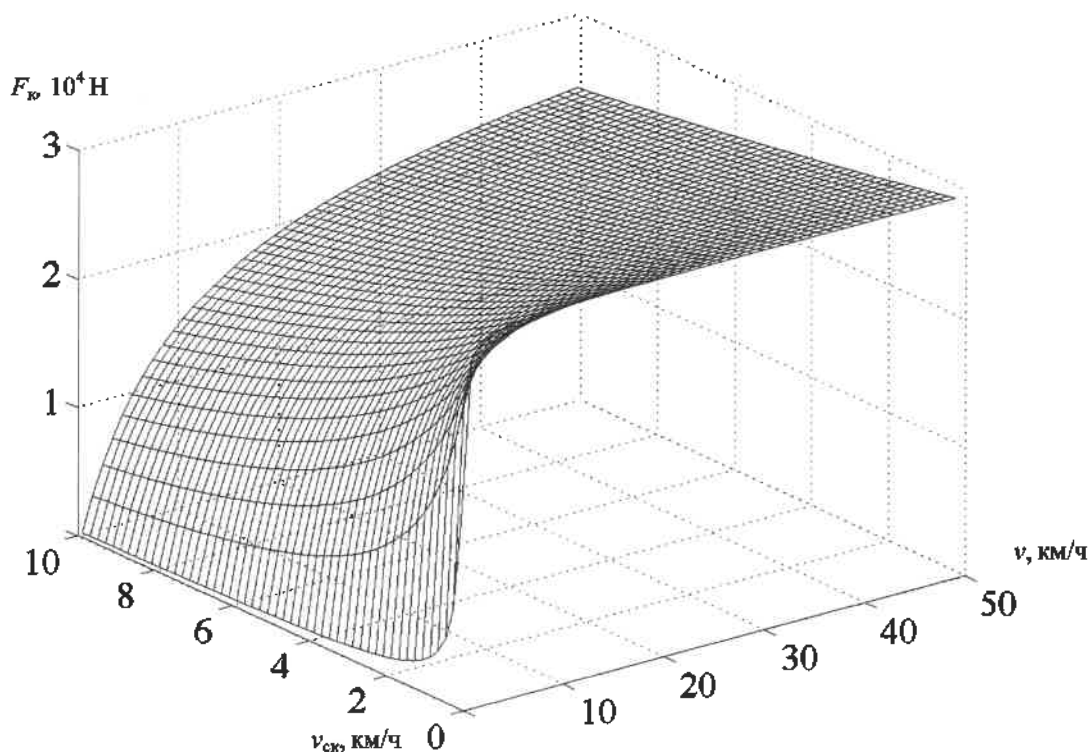


Рисунок 1

Список литературы

- 1 Ляпушкин, Н. Н. Расчет температуры в контакте «колесо – рельс» при скольжении / Н. Н. Ляпушкин, А. Н. Савоськин // Мир транспорта. – 2005. – № 1. – С. 28–30.
- 2 Пайерлс, Р. Квантовая теория твердых тел / научное издание / Р. Пайерлс. – М. : Ин. лит, 1956. – 131 с.

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КОНСТРУКЦИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

А. А. МАРКАВЦОВ, О. В. ХОЛОДИЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Введение. В настоящее время в различных отраслях промышленности очень остро стоит вопрос о повышении безопасности эксплуатируемых объектов и оборудования, возрастают объемы и темпы проведения работ по их обследованию и диагностике с целью определения текущего технического состояния. Одним из основных способов по обеспечению безопасности является применение различных методов неразрушающего контроля (НК). При этом всё более актуальными становятся задачи по повышению объективности и достоверности получаемых результатов НК. Разработанные в последнее время стандарты устанавливают дополнительные повышенные требования как к получаемым результатам ультразвукового (УЗ) контроля, так и к определению типов и характеристик выявленных дефектов.

К передовым технологиям, позволяющим вывести УЗ-контроль на новый уровень качества, относится использование специализированных методик УЗ-контроля, основанных на применении ToFD-метода и преобразователей с фазированными антенными решетками (ФАР).

Дифракционно-временной метод (ToFD)

ToFD-метод основан на взаимодействии УЗ-волн с краями несплошностей. Это взаимодействие приводит к излучению дифракционных волн в широком диапазоне углов. Обнаружение дифракционных волн позволяет установить наличие несплошности.

Время прохождения регистрируемых сигналов является мерой оценки высоты несплошности, тем самым позволяя измерить дефект. Размер несплошности всегда определяется временем прохождения дифракционных сигналов. Амплитуда сигнала не используется для определения размера.

Основная конфигурация ToFD-метода состоит из разделенных УЗ-излучателя и приемника (рисунок 1). В связи с тем, что дифракция УЗ-волн слабо зависит от ориентации края несплошности, обычно используются преобразователи продольной волны с широко расходящимся пучком лучей. Это дает возможность проведения контроля требуемого объема за одно линейное сканирование. Однако при этом предъявляются ограничения к объему, который может быть проконтролирован за одно сканирование.

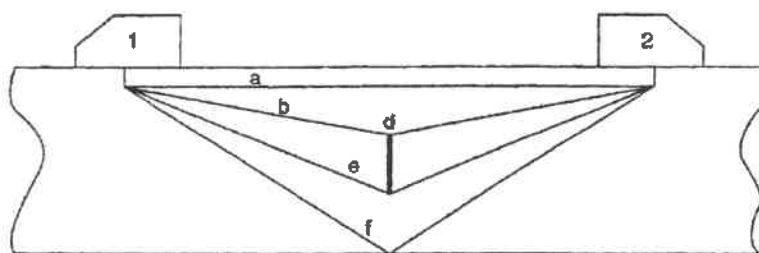


Рисунок 1 – Основная конфигурация ToFD-метода:
1 – излучатель; 2 – приемник; *a* – головная волна; *b* – сигнал от верхней кромки дефекта;
d – верхняя кромка дефекта; *e* – нижняя кромка дефекта; *f* – донный сигнал

В случаях, когда имеется доступ к обеим поверхностям объекта контроля и несплошности расположены по всей толщине объекта, сканирование с обеих поверхностей улучшит общую точность, особенно в отношении подповерхностных несплошностей.

Дифракционно-временной метод является достаточно точным и в некоторых случаях способен полностью заменить использование рентгенографического метода. Согласно анализу результатов, полученных при сравнении эффективности применения ToFD-метода и радиографии, ToFD-метод позволяет провести измерения размеров дефекта и глубину его залегания в материале. В частности, ToFD-метод показал себя более чувствительным к таким дефектам, как плоскостные трещины. Из прочих преимуществ данного метода контроля можно отметить безопасность, отсутствие расходных материалов и быстроту получения результатов.

Метод с использованием фазированной решетки (ФАР)

Исследование ФАР в качестве УЗ-преобразователей для НК материалов и изделий и разработка аппаратуры с их использованием в Беларуси и за рубежом начались в 70-х годах XX века. В настоящее время это направление УЗ-дефектоскопии является одним из наиболее перспективных, особенно при контроле толстостенных и сложнопрофильных изделий.

Что такое ФАР

Традиционные УЗ-преобразователи для НК обычно состоят либо из одного активного элемента, который генерирует и принимает звуковые волны высокой частоты, либо из двух сопряженных элементов: один – для передачи, один – для приема. Преобразователи с ФАР, как правило, состоят из датчика, включающего от 16 до 256 отдельных маленьких элементов, каждый из которых может излучать самостоятельно (рисунок 2). Они могут располагаться в виде полоски (линейный массив), кольцом (кольцевой массив), в виде круговой матрицы (круговой массив) или в более сложной форме.

Как и в случае с обычными преобразователями, преобразователи с ФАР могут быть рассчитаны на использование с прямым контактом, с призмой, или в иммерсионном варианте. Частоты преобразователя обычно находятся в диапазоне 2–10 МГц. Система ФАР также включает в себя высокотехнологичный электронный блок, который способен управлять многоэлементным преобразователем, принимать и оцифровывать эхо-сигналы. В отличие от обычных дефектоскопов системы ФАР могут излучать звуковую волну на нескольких углах или вдоль линейного пути или динамически фокусировать луч на разных глубинах, увеличивая гибкость настроек контроля.

Принцип работы

В общем принципе система ФАР использует физику поэтапного возбуждения волны, изменяя время между импульсами таким образом, что отдельные волновые фронты, созданные каждым элементом в массиве, взаимодействуют друг с другом, чтобы увеличить или погасить энергию в определенных направлениях, что позволяет эффективно управлять формой звукового луча.

Это достигается путем излучения отдельными элементами зонда в разное время. Как правило, элементы излучают группами от 4 до 32 в целях повышения эффективной чувствительности за счет увеличения диафрагмы, что снижает нежелательное рассеяние луча и позволяет лучше фокусироваться. Программное обеспечение рассчитывает фокусный закон, устанавливает конкретные времена задержки для излучения каждой группы элементов, для того чтобы создать нужную форму луча, с учетом используемых преобразователей и призм, а также геометрии и акустических свойств исследуемого материала. Запрограммированная последовательность импульсов запускает ряд отдельных волновых фронтов в исследуемом материале. Эти волновые фронты, в свою очередь, объединяют конструктивно и деструктивно в единый первичный волновой фронт, проходящий через исследуемый материал и отражающийся от трещин, разрывов, задних стенок и прочих границ, как и любая ультразвуковая волна. Луч может быть динамически управляем посредством изменения угла, фокусных расстояний и размеров фокусного пятна таким образом, что один преобразователь способен изучать в исследуемый материал различные типы волн. Это управление лучом происходит очень быстро, так что сканирование с разных ракурсов или с несколькими фокальными законами могут быть выполнены в малую долю секунды.

Возвращающиеся эхо-сигналы поступают на различные элементы или группы элементов и сдвинутые по времени по мере необходимости для компенсации различных задержек, а затем обрабатываются. При обработке с помощью программного обеспечения прибора каждый возвращенный закон фокусировки представляет отражение от определенного углового компонента луча, определенной точки на прямолинейной траектории и/или отражении от определенной глубины фокусировки. После обработки эхо-сигнал может быть отображен в любой из нескольких форматов.

Основные достоинства преобразователей в виде ФАР – значительное увеличение производительности контроля по сравнению с механическим сканированием, возможности оперативного изменения формы диаграммы направленности, фокусировки ультразвуковой энергии и применения

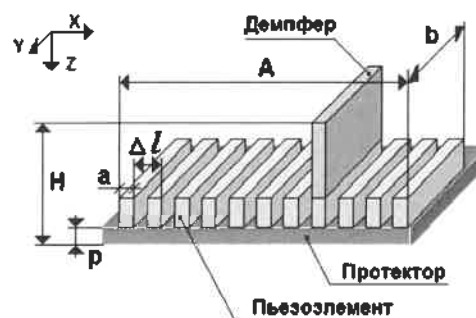


Рисунок 2 – Схема ПЭП на основе ФАР

методов оптимальной обработки эхо-сигналов. Аппаратура УЗ-контроля с использованием ФАР может обеспечивать три типа разверток *A, B, C*, а также трехмерное изображение дефектов и других нарушений сплошности.

Ультразвуковой метод НК с использованием преобразователей в виде ФАР – инновационная технология, которая предлагает новые варианты отображения данных УЗ-контроля в виде различных типов разверток, называемых сканами, а также схем проведения контроля.

Использование ФАР имеет большие преимущества при контроле изделий со сложной геометрией. УЗ-контроль таких изделий сопровождается большим количеством паразитных сигналов, которые отрицательно сказываются на скорости и достоверности контроля. Кроме того, ограниченный доступ часто не позволяет выполнить требуемое сканирование, что также снижает достоверность контроля.

Разработка и применение средств УЗ-контроля на основе датчиков с ФАР и соответствующего программного обеспечения для анализа данных позволяют с высокой надежностью быстро сканировать и получать изображение объектов сложной геометрии. Электронное сканирование позволяет выполнить контроль объектов с ограниченным доступом путем виртуального перемещения преобразователя; полученные данные запоминаются для последующей обработки, если в этом есть необходимость.

УДК 629.42.004.67

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕРВИСНЫХ ЦЕНТРОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА ТМЭ1 ПРИ ПЛАНОВОМ РЕМОНТЕ В ОБЪЁМЕ СР-1

В. В. НЕВЗОРОВ, А. А. ГАРМАШУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Почти каждая часть современного локомотивного оборудования имеет свою форму электронного управления. Обычно они собираются в кабине управления локомотивов для легкого доступа. Элементы управления обычно включают в систему управления обслуживанием, которая может быть использована для загрузки данных к портативному или ручному компьютеру [1]. В настоящее время ценная коммерческая тайна заключается в электронном контроле, регулирующем работу двигателей, генераторов и батарей на территории, известной как интеллектуальная собственность.

Так, в локомотивном депо Барановичи установлена жёсткая зависимость безаварийной эксплуатации маневрового тепловоза ТМЭ1 в период гарантийного обслуживания от производителей узлов и агрегатов, имеющих элементы электронного управления. Эта зависимость связана, прежде всего с нежеланием производителя открыть коммерческую тайну по программному обеспечению (коды доступа) и нежеланием потери имиджевой составляющей, и как следствие – затягивание времени ремонта таких узлов через исключение недобросовестных поставщиков аналогичных запасных частей.

Цель работы – поиск оптимальных путей для внедрения новых форм организации производства с участием сервисных центров при плановых видах ремонта маневровых тепловозов ТМЭ1.

Тепловоз ТМЭ1 является глубокой модернизацией тепловоза ЧМЭЗ. Производство локомотивов ТМЭ1 организовано в локомотивном депо Лида с участием представителей зарубежных фирм «ZEPPELIN» и «CZ LOKO» – поставщиков основных узлов и агрегатов [2, 3]. «ZEPPELIN» – поставка, сервисное техническое обслуживание и ремонт дизель-генераторной установки, устранение неисправностей дизеля в гарантийный период. «CZ LOKO» – поставка, сервисное техническое обслуживание и ремонт остального силового оборудования и систем управления с элементами электроники, устранение их неисправностей в гарантийный период.

Тепловозы ТМЭ1 и ЧМЭЗ имеют аналогичные по конструктивному исполнению, узлы и агрегаты: кузов, кабина машиниста, рама тепловоза, тележки, колесно-моторные блоки, механическая часть тормозной системы и т. д. Так как в локомотивном депо Барановичи имеется технологическая оснастка и оборудование для производства ремонта тепловозов ЧМЭЗ, что позволяет проводить ремонт аналогичных узлов (агрегатов) ТМЭ1, то при определении затрат на организацию ремонта ТМЭ1 в объёме СР-1 и для сравнительного расчёта затрат в равных условиях на существующий ремонт ЧМЭЗ в объёме ТР-3 и перспективный ремонт ТМЭ1 в объёме СР-1 не принимались в расчет расходы на организацию данного вида работ и текущие расходы по материалам [3, 4].

Экономическую эффективность целесообразности использования сервисных центров для восстановления работоспособности маневрового тепловоза ТМЭ1 при плановых видах ремонта предлагается определять сравнением затрат на организацию ремонта нового оборудования тепловозов ТМЭ1 силами самого депо (затраты по вводу в эксплуатацию новых производственных площадей и закупки оборудования, пуско-наладочных работ, оплаты труда с учетом трудоемкости и квалификации персонала) и с привлечением сервисных центров на период отсутствия достаточного финансирования, связанного с закупкой нового подвижного состава [5].

С учётом реализации проекта внедрения новых ТМЭ1 в локомотивном депо Барановичи для проведения сравнительного расчета затрат на организацию ремонта с участием компаний «ZERPELIN» и «CZ LOKO» разработаны ориентировочные (предварительные) нормы времени, которые учитывают только ремонт узлов и агрегатов ТМЭ1, имеющих существенное конструктивное отличие или дополнения к конструкции аналогичных узлов ЧМЭЗ, технология ремонта которых потребует дополнительного развития инфраструктуры депо (производственные площади, технологическое оснащение и т. п.). Данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Нормы времени на ремонт узлов и агрегатов тепловоза ТМЭ1 в объёме СР-1, конструктивно отличных и дополненных по сравнению с конструкцией ЧМЭЗ или аналогичных ЧМЭЗ

Узел, агрегат	Тепловоз ТМЭ1			Тепловоз ЧМЭЗ	
	Средний тарифный разряд работника	Перспективная норма времени, ч		Средний тарифный разряд работника	Норма времени, ч
для локомотивного депо		для сервисного центра			
Дизель-генераторная установка	6	425	106	4	365
Тормозная система	6	123	58	4	146
Система комфорта кабины машиниста		89	34		3,2
Система электронной активной диагностики работоспособности тепловоза		174	31		–
<i>Итого</i>	6	811	209	4	514,2

По результатам расчетов выяснилось, что только закупка технического оснащения для организации ремонта новых узлов и агрегатов сравнима с организацией изготовления их у самого производителя при серийном производстве. Сравнительные затраты по внедрению технологии текущего ремонта СР-1 ТМЭ1 сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Анализ затрат СР-1 ТМЭ1 при ремонте в локомотивном депо и с участием сервисного центра

В рублях

Наименование параметра	Сервисный центр	Локомотивное депо
Затраты, связанные с трудоёмкостью и общехозяйственными работами	Зс.ц. = 20064	Зср-1= 9767111,31
Затраты, связанные с внедрением инновационных проектов	Отсутствуют	Зд.п. = 1210528
Итоговые затраты локомотивного депо на временной период отложения сроков внедрения инновационного проекта	20064	10977639,3

Таким образом, исследования позволили установить, что обслуживание и ремонт электронных элементов автоматических систем, принципиально новых узлов и агрегатов силовых цепей и цепей управления тепловоза ТМЭ1 в специализированных сервисных центрах позволит: обеспечить надёжность, долговечность систем нового подвижного состава, экономии горюче-смазочных материалов; исключить существующую систему планово-предупредительного ремонта локомотивов и обеспечить переход на ремонт узлов и агрегатов по состоянию; исключить установку некачественных запасных частей от производителей, имеющих недостаточный опыт в этом направлении, а также необходимость дополнительных эксплуатационных затрат на обслуживание нового подвижного состава.

Список литературы

1 Игин, В. Н. Эксплуатационные испытания тепловоза с электронной системой управления топливоподачей / В. Н. Игин, В. А. Марков, В. В. Фурман // Известия высших учебных заведений. Машиностроение [Электронный ресурс]. – 2014. – № 4. – С. 25–36. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-primeneniya-elektronnyh-sistem-upravleniya-dizel-generatorami-terpovozov>. – Дата доступа : 20.08.2019.

2 Ольшевский, С. А. Маневровый тепловоз серии ТМЭ1. Руководство по эксплуатации / С. А. Ольшевский. – Лида : Локомотивное депо Лида, 2012. – 265 с.

3 Белорусская железная дорога: в режиме обновления // Локомотив-информ [Электронный ресурс]. – 2015. – № 9–10. – Режим доступа : https://www.rw.by/corporate/press_center/reportings_interview_article/2015/12/beloruskaja_zheleznaja_dor672/. – Дата доступа : 20.05.2019.

ПРЕДИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КАК ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

А. Д. ОБУХОВ

ООО «Кlover Групп», г. Москва, Российская Федерация

Логистические принципы управления эксплуатационной работой на железнодорожном транспорте предъявляют всё более высокие требования к эксплуатационной надежности тягового подвижного состава. На сегодня наблюдается повышенное избыточное количество локомотивов в инвентарном парке для осуществления объемов предъявляемой перевозочной работы. В данных условиях большую роль в комплексной программе оптимизации играет повышение надежности новых и отремонтированных локомотивов. Низкий уровень надежности, а также несоблюдение технологии ремонта заводами и депо обуславливают необходимость содержания сверх норматива около 1400 тяговых единиц. При этом экспертным методом установлено, что сегодня существует потребность в локомотиве, который на всём жизненном цикле был бы готов к эксплуатации не менее 95 % времени его срока службы.

Согласно проведенному анализу данных комплексной автоматизированной системы учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности (КАСАНТ), с 2011 по 2017 год количество отказов по вине локомотивостроительных предприятий снизилось на 48,4 %, а у локомотиворемонтных – на 43,7 %. Чаще всего (в 60 % случаев) причина кроется не в работе этих предприятий, а в продукции поставщиков комплектующих.

С 2014 года ОАО «РЖД» работает с производителями локомотивов на договорах полного сервисного обслуживания. В декабре 2017 года компания подписала с АО «Желдорремаш» и ООО «ЛокоТех Сервис» Меморандум о взаимном сотрудничестве в области обслуживания и ремонта локомотивов ОАО «РЖД» в период 2018–2022 годов. В нём предусмотрено, что за пять лет коэффициент готовности к эксплуатации (КГЭ) должен вырасти с 0,894 до 0,95. Причем в 2019 году планируемый рост должен составить 2,5 %.

В настоящее время применяются инновационные технологии в сервисном обслуживании тягового подвижного состава, которые дают возможность заранее получать информацию о состоянии локомотива и, соответственно, заранее подготовиться к ремонту, собрав нужные материалы и пригласив специалистов. Кроме того, такой проект, как «Умный локомотив», позволяет переходить к ремонту не по пробегу, а по фактическому состоянию. В результате можно не допустить критического износа ресурса того же тягового электродвигателя, а восстановить его за меньшие средства. При этом значительно сокращаются риски внеплановых ремонтов.

Для достижения основной цели комплексной оптимизации эксплуатируемого парка локомотивов, а также совершенствования системы организации своевременного подвода их в сервисные локомотивные депо и пункты технического обслуживания локомотивов специалистами российской компании Clover Group («Кlover Групп») разработан комплекс программных продуктов, реализующих взаимодействие моделей предиктивного анализа состояния узлов и агрегатов тягового подвижного состава и динамической модели перемещения поездопотоков на участке.

В качестве выбранных критериев оптимизации тягового обслуживания на выбранном участке определены такие ключевые эксплуатационные показатели, как минимизация пробега локомотивов в одиночном следовании, времени нахождения вагонов и поездов на станциях смены локомотивов и локомотивных бригад; максимизация среднесуточной производительности локомотивов рабочего парка. Особенно актуальным для системы оптимизации тягового обслуживания полигона является сокращение времени нахождения локомотивов эксплуатируемого парка на деповских путях и снижение различного рода непроизводительных потерь времени работы локомотивных бригад, в том числе в ожидании работы. При этом для максимально эффективного применения оптимизационной модели в качестве входных данных для ее работы в оперативном режиме используются данные интеллектуальной диагностики, предиктивной аналитики и мониторинга эксплуатации узлов и агрегатов всех локомотивов рабочего парка на участке.

Предиктивная аналитика дает возможность извлечь необходимую информацию об эксплуатации и техническом состоянии оборудования из разнообразных источников данных (данные КИПиА, АСУ ТП, аналоговых приборов; ведомости и журналы), которая, будучи структурирован-

ной с учетом особенностей конструкции рассматриваемого узла, применяется в процессах принятия и оптимизации управленческих решений.

Основной задачей предиктивной аналитики оборудования при решении данной комплексной оптимизационной задачи является определение степени влияния параметров работы оборудования друг на друга и выявление аномалий, дефектов и отказов исходя из анализа изменения значений этих параметров за имеющиеся периоды наблюдения. Эти закономерности выявляются путем построения модели предиктивного анализа по контролируемому объекту.

Разработанные специалистами «Clover Group» модели предиктивного анализа инженерно-технических объектов позволяют:

- определить релевантные параметры, характеризующие состояние конструктивных элементов оборудования;
- выявить тренды деградации, аномалии/дефекты и предотказные состояния на работающем оборудовании;
- спрогнозировать вероятность и время наступления отказа конструктивных элементов оборудования.

В настоящее время система способна находить более 50 видов нарушений в работе оборудования и режимах эксплуатации локомотивов. Так, по тепловозам серии 2,3ТЭ116У и ТЭП70БС(У) автоматически определяются нарушения режимов эксплуатации, связанные с неправильными действиями локомотивной бригады при запуске и остановке дизеля, работой локомотива под нагрузкой при температуре воды и масла ниже допуска, а также нарушения в работе оборудования. К их числу относятся: превышение температуры газов по цилиндрам, несоответствие значений мощности генератора и оборотов дизеля установленной позиции контроллера машиниста, выход значений давления и температуры масла за пределы допусков и т. п.

Модуль системы «Math» представляет собой комплекс математических алгоритмов, в котором могут использоваться как опенсорные библиотеки, так и собственные уравнения разработчиков, описывающие работу конкретного оборудования на основе имеющихся параметров телеметрии. Для снижения взаимной коррелированности используются модели, использующие разные подходы: лес случайных деревьев, бустинг и метод опорных векторов. Для оценки точности моделей данные делятся на обучающую и на тестовую выборки. Для данного разбиения также может использоваться метод случайного разбиения. Для оценки моделей используются методы: кросс-валидация; внутренняя кросс-валидация; стратифицированный сэплинг; матрица запутанности; матрица запутанности 2-го класса; кривые ROC (ReceiverOperatingCharacteristic); и др.

Приоритетными направлениями в ходе разработки комплекса оптимизационных моделей управления тяговыми ресурсами при переходе на полигонные технологии, которые способствуют повышению эффективности перевозочного процесса, являются:

- совершенствование и оптимизация технологий перевозочного процесса, а также устранение основных технологических потерь при эксплуатации;
- создание инновационных интеллектуальных управляющих систем диспетчерского аппарата;
- оптимизация структуры управления перевозками;
- ликвидация «барьерных» мест, сдерживающих темпы роста пропускной способности.

В части совершенствования и оптимизации эксплуатации тяговых ресурсов на полигоне железной дороги следует также предусмотреть выделение внутренних тяговых полигонов работы локомотивов с учетом соблюдения плана формирования и основных показателей выполнения местной работы на участках, а также оптимизацию участков обращения локомотивных бригад.

УДК 625.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЗУНОВ КОЛЕСНЫХ ПАР ВАГОНОВ

В. ПЕТРЕНКО

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Литовская Республика

Безопасность, плавность хода, уровень комфорта и шума железнодорожного подвижного состава зависит от условий взаимодействия колес подвижного состава и рельсов. Общеизвестно, что наиболее опасные динамические условия создаются при наличии повреждений поверхности катания колес, которые непосредственно влияют на безопасность движения поездов. Динамическое поведение

поврежденных колесных пар позволяет моделировать различные программные комплексы, такие как Adams/Rail, VI-Rail, Ansys Rail (Etion), Vampire, SimulationX (ESI), Contact и др. В странах, имеющих колею 1520 мм, популярен программный комплекс Универсальный механизм (УМ), который имеет специализированные модули, для моделирования динамики железнодорожных экипажей, в том числе и с поврежденными колесными парами. В данной статье описываются экспериментальная проверка достоверности результатов моделирования в УМ колесных пар с ползунами.

Экспериментальная оценка воздействия колесных пар с ползунами проводилась для порожних и гружёных грузовых вагонов в летний и зимний периоды со скоростями движения от 30 до 80 км/ч. На вагонах были установлены колесные пары с различными дефектами: выщербины, неравномерный прокат и ползуны. Для измерения воздействия дефектов на путь была применена диагностическая система нового поколения ATLAS-LG, которая использует силовой метод выявления различных дефектов на поверхности катания колес железнодорожного подвижного состава. Результаты измерений были обработаны и проанализированы для каждой колесной пары. Например, уровень динамического воздействия колёсной пары с ползуном одного колеса 2 мм показан в 1 таблице. Значение вертикальных динамических сил зависит от скорости движения и жёсткости пути, но в данном конкретном случае заниженные результаты в зимний период произошли из-за завальцовывания ползуна.

Таблица 1 – Результаты измерений груженого грузового вагона

Скорость, км/ч	Значение вертикальной силы, кН							
	летом		зимой		летом		зимой	
	сред.	макс.	сред.	макс.	сред.	макс.	сред.	макс.
	А-Б направление				Б-А направление			
30	125	293	95	300	133	235	95	295
40	127	362	96	319	131	257	94	324
50	130	380	100	350	133	296	92	346
60	131	356	99	349	132	294	92	356
70	134	366	99	345	130	310	92	373
80	134	362	100	337	129	291	98	355

Для определения контактных сил между колесом и рельсом была создана компьютерная модель вышеописанного эксперимента. Моделирование производилось с помощью программного комплекса Универсальный механизм, предназначенного для моделирования динамики и кинематики различных механических систем [1]. Используя возможности УМ, была создана компьютерная модель 4-осного грузового вагона со стандартными двухосными тележками. Технические параметры вагона (профиль колес, зазоры в скользунах и пр.) отвечают стандартным требованиям основных нормативных документов, но на поверхности одной колесной пары был создан ползун 2 мм, состоящий из плоской части и деформированных частей, соединённых кубической параболой.

В серии числовых экспериментов, скорость вагона менялась ступенчато: 8,3; 11,1; 13,9; 16,7; 19,4 и 22,2 м/с, также эксперименты производились для пустых (24 т) и гружёных (84,5 т) вагонов. Результаты моделирования демонстрируют ударные нагрузки поврежденной колесной пары. Так, при скорости 22 м/с нормальные силы достигают 480 кН (рисунок 1, линия 1).

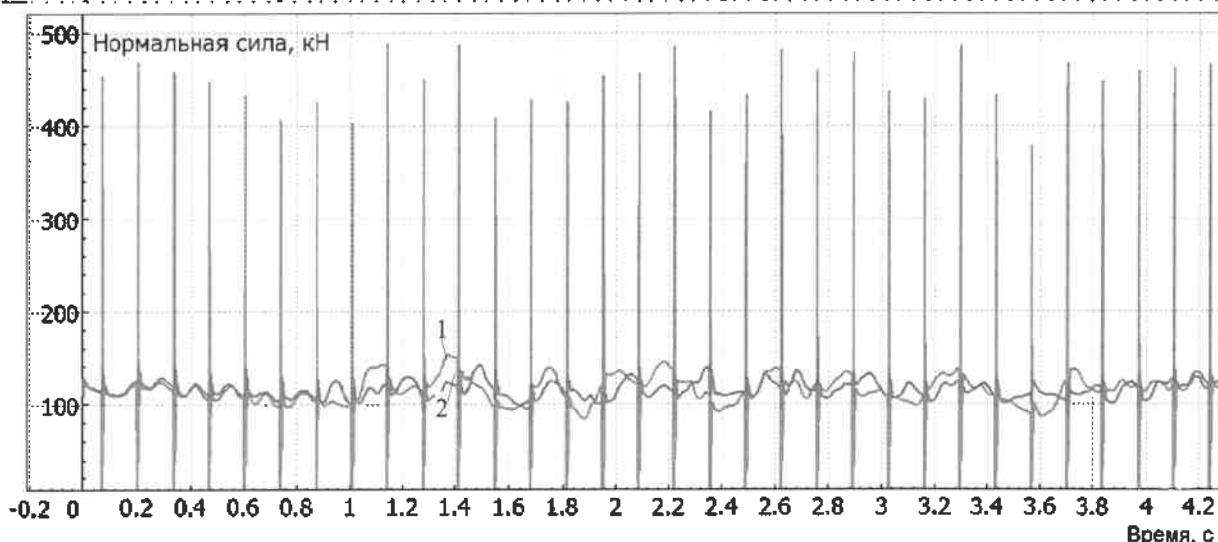


Рисунок 1 – Нормальные силы, возникающие на левых колесах первой тележки вагона (скорость 22 м/с)

После сбора и обработки анализа экспериментальных данных и результатов компьютерного моделирования, возможен сравнительный анализ полученных результатов. Уровень нормальных сил (рисунок 2) при проведении экспериментов для груженого грузового вагона с 2 мм ползуном на поверхности катания колесной пары (летние условия) зависит от направления движения, что можно объяснить погрешностью измерений между правым и левым рельсами и изменениями условий эксперимента (скорости движения вагона, изменение формы ползуна, жесткости пути). При скорости до 15 м/с результаты компьютерного моделирования совпадают с экспериментальными данными, но при более высоких скоростях нормальные контактные силы растут до 474 кН. Такое натуральное увеличение нормальных сил при повышении скорости движения совпадает с многочисленными результатами других исследований [2].

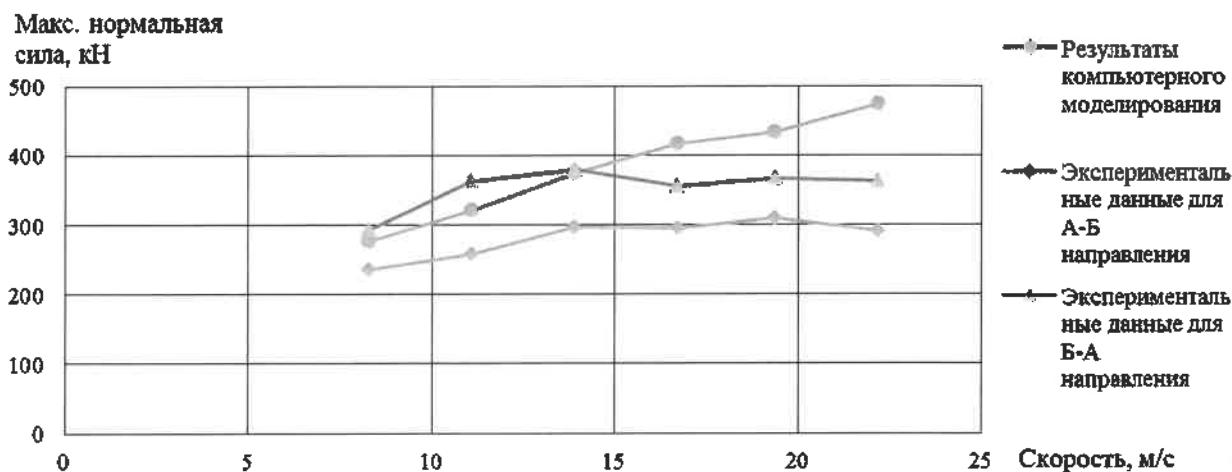


Рисунок 2 – Сравнение результатов компьютерного моделирования и результатов испытаний [3]

Значит, созданная параметрическая модель грузового вагона и заданные основные условия проведения компьютерного моделирования позволяют достаточно точно определить воздействие ползуна на рельсы. Также можно утверждать, что применение программного комплекса УМ позволяет получить относительно точные результаты контактных динамических сил между дефектным колесом и рельсом.

Список литературы

- 1 Laboratory of Computational Mechanics. Simulation of Rail Vehicle Dynamics Homepage [Elektronik resource]. – Mode of access : http://www.universalmecanism.com/download/80/eng/08_um_loco.pdf, last accessed 2018/12/21. – Date of access : 12.08.19.
- 2 Žyglienė, R. Geležinkelio riedmenų ratų su pažaidomis ir bėgių sąveikos dinamiųjų procesų tyrimas / R. Žyglienė. – Vilnius, 2015.

УДК 629.4.01

СТЕНДОВЫЕ РЕСУРСНЫЕ ИСПЫТАНИЯ БЕЗАЗОРНОГО СЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА

С. Ю. ПЕТУХОВ

ООО «Тихвинский испытательный центр железнодорожной техники», Российская Федерация

А. В. ЗАЙЦЕВ

ЗАО «Научная организация «Тверской институт вагоностроения», Российская Федерация

В. К. МИЛОВАНОВ

ООО «Транспортные технологии», г. Москва, Российская Федерация

Безазорное сцепное устройство (далее – БСУ) предназначено для использования в пассажирских вагонах и обеспечивает полную автоматическую выборку зазоров в контуре зацепления, не имеет зазоров в шарнирном узле и обеспечивает ряд преимуществ по сравнению с типовым автоцепным устройством СА-3: улучшает продольную динамику поезда, не требует применения буфе-

ров для выборки продольных зазоров, значительно сокращает габариты и массу устройства, позволяет оснащать сцепку автосоединителем магистралей.

В настоящее время на железных дорогах России БСУ эксплуатируются в составе вагонов модели 61-4465 (двухэтажный купейный), 61-4492 (двухэтажный с местами для сидения), также БСУ может применяться при оснащении вагонов моделей 61-4458 и 61-4462.

Несмотря на бесспорные преимущества, за время эксплуатации устройства возникали отдельные случаи отказов, которые создали угрозу безопасности движения, жизни и здоровью пассажиров. К таким случаям относятся серия саморасцепов пассажирских вагонов в 2016 году:

- 27 июня расцепились одноэтажные вагоны скоростного поезда № 716 Белгород – Москва;
- 19 июля в районе станции Луховицы между 8-м и 9-м вагонами разорвался состав № 9 Самара – Москва;

– 7 августа в Воронежской области между станциями Сагуны и Евдаково разделенным на две части оказался фирменный состав «Северная Пальмира» сообщением Адлер – Санкт-Петербург, вагоны успели разъехаться на 22 метра.

Вследствие произошедшего стала очевидной необходимость подтверждения безопасности эксплуатации БСУ в течение всего срока службы, а значит, проведения ресурсных испытаний, которые позволят однозначно подтвердить назначенный ресурс и надежность в течение времени между плановыми ремонтами железнодорожного подвижного состава.

Стандартизированные методы ресурсных испытаний БСУ для подтверждения соответствия требованиям технического регламента ТР ТС 001/2011 «О безопасности железнодорожного подвижного состава» отсутствуют, поэтому был проведен целый ряд мероприятий, для реализации возможности проведения ресурсных испытаний:

- анализ нормативных документов, определяющих требования к ресурсу и нагруженности сцепок;
- анализ существующих методик проведения ресурсных испытаний сцепок;
- разработка программы и методики эксплуатационных испытаний БСУ;
- проведение эксплуатационных испытаний по определению нагруженности сцепок;
- обработка и анализ полученных данных эксплуатационных испытаний;
- разработка программы и методики стендовых ресурсных испытаний, выбор и обоснование режима нагружения при проведении испытаний;
- разработка и изготовление оснастки для имитации штатной работы сцепок при проведении стендовых ресурсных испытаний;
- апробация программы и методики стендовых ресурсных испытаний и оснастки;
- проведение стендовых ресурсных испытаний БСУ.

Суть метода заключается в одновременном приложении к испытываемому образцу продольной знакопеременной нагрузки и вертикальной вибрации с заданной амплитудой ускорения и частотой.

Продольная нагрузка определялась согласно гипотезе суммирования повреждений по усталостной кривой Веллера, для стальных отливок количество нагружений N_s и нагрузку P_s эквивалентные эксплуатационным по повреждающему воздействию, при испытаниях можно определить по формуле

$$P_s^4 N_s = T_c \sum_{i=1}^k P_i^4 N_i, \quad (1)$$

где P_s – амплитуда силы при проведении испытаний; N_s – количество циклов нагружения при проведении испытаний; T_c – расчётный срок службы; P_i – уровень амплитуды сил, МН; N_i – количество циклов нагружения с амплитудой P_i ; k – количество интервалов нагружения.

Полученные на основании исследований статистические распределения $N_i(P_i)$ за 1 год эксплуатации для пассажирских вагонов приведены в таблице П.1.2 «Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колес 1520 мм (несамоходных), 1996 г.» (далее – «Нормы...»).

На их основании параметр $\sum P_i^4 N_i$ рассчитывается следующим образом: в качестве действующего значения амплитуд сил принимается среднее значение силы для каждого интервала, в качестве количества действующих сил этого уровня принимается меньшее из значений количества сил данного уровня: растягивающих или сжимающих.

Кроме того, разность между большим и меньшим значениями количества растягивающих и сжимающих сил учитывается как количество циклов, для которых этот уровень сил является размахом.

Продольную нагрузку прикладывали по гармоническому закону (вид сигнала на блоке управления гидроцилиндра – синусоидальный).

Таким образом, эквивалентная нагрузка цикла составляет:

- максимальная сила растяжения – +445 кН;
- минимальная сила сжатия – 567 кН;
- амплитуда данного асимметричного цикла – 506 кН;
- коэффициент асимметрии цикла $R = -1,273$.

Параметры вертикальной вибрации при проведении испытаний определяются по результатам эксплуатационных измерений, данные о которых приведены в соответствующих отчетах. Испытательный уровень амплитуды ускорений от вертикальной вибрации определялся с ГОСТ 33787-2016 и равен $1,84 \text{ м/с}^2$. Суммарное время действия вертикальной вибрации за весь период испытаний – 103 часа (для срока службы 40 лет).

Вертикальная вибрация прикладывается одновременно с продольной нагрузкой. Вибрационная нагрузка прикладывается на протяжении периода действия продольной нагрузки. Число циклов испытательной амплитуды ускорений от вертикальной вибрации в одном цикле продольной нагрузки определяется отношением числа циклов вибрационной нагрузки за срок службы к числу циклов продольной нагрузки за срок службы.

По результатам испытаний был подтвержден назначенный ресурс БСУ и надежность в течение времени между плановыми ремонтами железнодорожного подвижного состава.

Список литературы

- 1 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог мпс колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 269 с.
- 2 РД 24.050.37.95. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. – М. : ГосНИИВ, 1995. – 62 с.
- 3 ГОСТ 33787–2016. Оборудование железнодорожного подвижного состава. Испытания на удар и вибрацию. ВНИИММШ – ВНИКТИ. – 33 с.
- 4 Хакназаров, Е. Не все поезда одинаково безопасны / Е. Хакназаров // Фонтанка.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа : m.fontankaru/2016/08/29/103. – Дата доступа : 26.08.2019.
- 5 Методика проведения сокращенных ускоренных испытаний на усталость. ТМ ТИЦЖТ 062–2018. – ТИЦ ЖТ, 2018.

УДК 629.4.023.14

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СЪЕМНЫХ КУЗОВОВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

А. В. ПИГУНОВ, В. В. ПИГУНОВ, П. А. ДАШУК, Н. А. ЯСЬКО
Белорусский государственный университет транспорта г. Гомель

Применение съемных кузовов получило широкую реализацию на европейских железных дорогах. Успешно эксплуатируются разработки компаний «Innofreight» и «WASCOSA». Основное преимущество съемных кузовов – это повышение востребованности вагона за счет расширения номенклатуры перевозимых грузов [1].

В частности, компания «WASCOSA» разработала съемные кузова полувагона, лесовоза, для перевозки автомобилей и т. д.

Широкий модельный ряд съемных кузовов на рынке представляет компания «Innofreight». Они разработали различные модификации кузовов увеличенной ширины с длиной 10, 20, 30 футов [1]. Кузов типа «хopper» имеет наклонные торцевые стены, центральный конек и разгрузочные люки расположенные в нижней части боковых стен. Кузов вагона-цистерны для перевозки жидких грузов имеет значительные уклоны в нижней части котла для полного слива груза. Также представлены съемные модули полувагонов, крытых вагонов и т. д. В зависимости от грузоподъемности съемные модули имеют от четырех до восьми нижних фитингов. В верхней части устанавливаются четыре фитинга для подъема кузова.

Для перевозки съемных кузовов применяются вагоны-платформы компании «Legios loco» с установленными на раме стационарными и поворотными контейнерными упорами. Несущая конструкция рамы выполнена без сквозной хребтовой балки для возможности установки модулей с по-

ниженной средней центральной частью кузова. Дополнительно на раме предусмотрена установка на болтах ограничителей продольных смещений кузова.

Съемный модуль компании «WASCOSA» представляет собой взятый за основу двадцатифутовый контейнер, устанавливаемый на фитинг-платформу габарита западноевропейских железных дорог. На сегодня существует два типа модулей: модуль для перевозки лесоматериалов и модуль крытого вагона.

Основным недостатком модулей, представленных данными компаниями, является не полная реализация в случае применения на железных дорогах стран СНГ за счет меньшего габарита.

В Российской Федерации применению съемных кузовов посвящен ряд работ, выполненных под руководством профессора Бороненко Ю. П. Модели съемных кузовов максимально полно реализуют возможности габарита подвижного состава. Разработаны различные варианты съемных кузовов цистерн, универсального крытого вагона, полувагона с глухим кузовом, универсальной платформы, лесовоза. Также предложено несколько конструктивных решений по креплению кузовов на раме платформы. Предложенные конструкции применяют типовые технические решения, что позволит быстро и безболезненно наладить их серийное производство.

Основными преимуществами данного типоразмерного ряда вагона являются полное использование габарита подвижного состава стран СНГ, большая устойчивость на платформе за счёт добавления спаренных фитиновых креплений, максимальная реализация под текущие потребности.

Недостатками представленного типоразмерного ряда являются невозможность складирования штабелированием на отдельных площадках, отсутствие в верхней части вагона фитингов для подъема модулей, отсутствие возможности подъема моделей вместе с грузом.

Объединённая вагонная компания (ОВК) разработала ряд съемных кузовов для перевозки их на сочлененной платформе. Основными модулями с погрузочной длиной 20 футов, предлагаемыми к использованию, являются крытые модули для перевозки зерна или минеральных удобрений, модуль полувагона и модуль для перевозки лесоматериалов. Модуль крытого типа представляет собой крытый модуль, имеющий загрузочные люки на крыше для загрузки сыпучих грузов разгрузка осуществляется через дверь, расположенную на торцевой стене. Модуль полувагона представляет собой глухондную конструкцию, которую при необходимости можно закрыть плоской крышей, используемой для защиты от атмосферных осадков, а также штабелирования их на отдельных площадках при невостробованности в перевозках.

Основным преимуществом данного типа съемных кузовов является использование стандартной портовой техники для проведения погрузочно-разгрузочных операций, возможность съема кузова вместе с грузом, погрузка и разгрузка без необходимости использования складских помещений, увеличенная грузоподъемность за счет использования трех тележек.

На базе БелГУТа были разработаны прототипы рамы для установки съемных кузовов и съемные кузова для перевозки разных видов грузов.

Рама платформы для съемных кузовов представляет собой видоизменённую раму универсального полувагона имеющую вырез в центре для размещения в нём универсального сливного устройства. Для усиления конструкции рамы были добавлены наклонные листы, расположенные на боку хребтовой балки. В верхней части рамы были добавлены накладки для увеличения опорной поверхности модулей большой грузоподъемности. На концевой балке предусмотрены пазы для более точной установки модулей на раме, а также обеспечивающие устойчивость модуля под действием динамических нагрузок. Основы крепления фитингов распложены на концевой и шкворневой балках.

Съемный кузов полувагона представляет собой взятый за основу кузов универсального полувагона с сохненными люками в полу, что позволяет использовать для разгрузки стандартные устройства, а также сохраняет возможность разгрузки вне путей. Съемный кузов вагона хоппера представляет собой кузов вагона-хоппера с удлиненной силовой конструкцией, которая позволяет увеличить опорную поверхность модуля. Съемный кузов цистерны для перевозки жидких грузов представляет собой котел, имеющий силовые конструкции на торцах для размещения его на платформе. Съемный кузов крытого вагона представляет собой взятый за основу кузов крытого вагона с дверями на боковой стене для осуществления погрузочно-разгрузочных операций. Кроме перечисленных конструктивных особенностей все модули имеют на своей торцевой стене две стойки для фиксации модуля на раме, а также для возможности штабелирования разного рода вагонов. Для осуществления операций по замене модулей предусмотрена установка фитиновых креплений в верхних точках каждого из модулей как в загруженном состоянии, так и в порожнем.

Основными преимуществами использования съемных кузовов данного типа являются полное использование габарита подвижного состава, возможность создания модулей без внесения особых изменений в технологические процессы создания уже существующих кузовов вагонов, использование для погрузочно-разгрузочных операций стандартных устройств и, как следствие, сохранение текущей инфраструктуры.

Список литературы

- 1 Бороненко, Ю. П. Перспективы внедрения вагонов со съемными кузовами увеличенной грузоподъемности / Ю. П. Бороненко, А. С. Даукша // Известия ПГУПС. – 2017. – С. 437–451.
- 2 Бороненко, Ю. П. Выбор конструктивных решений устройств крепления контейнеров и съемных кузовов на железнодорожных платформах / Ю. П. Бороненко, А. С. Даукша // Транспорт Российской Федерации. – № 3 (70). – 2017. – С. 29–32.
- 3 Кобылянский, В. В. Мультимодульная платформа оперативного перепрофилирования / В. В. Кобылянский, Е. В. Астахова, М. О. Фаткина // Вагоны и вагонное хозяйство. – № 1 (41). – 2015. – С. 35–37.
- 4 Сочлененные вагоны-платформы со съемными кузовами повысят эффективность перевозок / А. С. Кононенко [и др.] // Вагоны и вагонное хозяйство. – № 4 (56). – 2018. – С. 36–40.

УДК 629.4.02

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИИ НА НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

И. В. ПРИХОДЬКО, С. А. КОРИНЧУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проблема защиты от вибрации наиболее остро встала в связи со стремительным развитием механизации и автоматизации ряда производственных процессов, ростом скоростей на различных стационарных и транспортных установках, широким внедрением пневматического и электрифицированного инструмента, а также оборудования робототехники.

Вибрация – механические колебания, возникающие в упругих средах или телах, находящихся под воздействием переменных физических сил. Эти колебания могут передаваться по материальной среде как на оборудование, так и на тело человека.

Как известно, от многих современных видов оборудования и техники требуется высокая устойчивость к воздействиям внешних факторов окружающей среды, одним из которых является вибрация. Соответственно, в ходе производства и разработки изделия необходимо проводить испытания на воздействие этого фактора, то есть его вибродиагностику.

Проверка продукции на воздействие вибраций производится с помощью вибрационных установок. Помимо того, нередко работающее оборудование само может являться источником вибрации, и величина вибрационных параметров, таких как виброускорение, виброскорость и виброперемещение, определяется при помощи виброметров.

Настоящее исследование направлено на выявление конструктивных и технологических недостатков оборудования при вводе в эксплуатацию и дальнейшем использовании на железнодорожном подвижном составе, которые могут привести к повреждениям при воздействии различных видов вибрации и ударов. Такого рода испытания не используются для определения ресурса оборудования, однако условия проведения испытаний являются достаточными для обеспечения достаточной степени достоверности того, что оборудование отработает установленный срок службы в предусмотренных условиях эксплуатации.

Объект испытаний считается соответствующим требованиям в части стойкости к воздействию синусоидальной и случайной вибрации, а также удара, если в результате испытаний не возникает механических повреждений или ухудшения рабочих характеристик.

Испытания на вибрационное воздействие включают в себя:

- испытания на виброустойчивость;
- испытания на вибропрочность (длительные и кратковременные);
- испытания на удар.

Испытания оборудования на виброустойчивость и вибропрочность при воздействии случайной и синусоидальной вибрации, а также при ударе проводятся для подтверждения способности

испытываемого оборудования функционировать в условиях, соответствующих условиям эксплуатации независимо от того, где оно используется на железнодорожном подвижном составе, автотранспорте или в стационарных установках, имеющих источники вибрации.

Одним из наиболее интересных направлений исследований влияния вибрационных параметров является изучение собственной механической вибрации электрических машин. Она вызывается разбалансированностью вращающихся частей, механическими неисправностями или причинами электромагнитного характера. Повышенные вибрации электрических машин являются одной из главных причин их преждевременного выхода из строя. В первую очередь это касается повреждения подшипников. Помимо того, повышенная вибрация быстро изнашивает изоляцию обмоток, может привести к деформации вала, появления трещин и повреждений на корпусе, а также опорной рамы или фундамента. Таким образом, недооценка этого фактора может иметь последствия различного характера.

В настоящее время оценку уровней вибрации производят как у нас в стране, так и за рубежом с целью установления надежности работы оборудования. Как известно, существуют две основные разновидности измерения вибрации электрических машин. Первый, самый распространенный, способ – контактный. Он, как правило, осуществляется при помощи пьезоэлектрических датчиков или так называемых «акселерометров», устанавливаемых на корпусе объекта. Второй метод, менее распространенный, – бесконтактный. Он предназначен для контроля вибрации ротора методом открытого резонанса и осуществляется при помощи вихретоковых датчиков или методом ультразвуковой фазометрии.

Вибрация электрической машины в значительной степени зависит от способа ее установки, и поэтому необходимо проводить измерение вибрации в условиях, близких к действительным условиям ее размещения и эксплуатации. Поэтому, чтобы объективно оценить качество балансировки и вибрацию вращающихся электрических машин, измерения нужно проводить на отдельной машине, в точно определенных условиях, чтобы можно было при необходимости воспроизвести измерения и сопоставить полученные результаты.

Для оценки величины вибрации пользуются двумя методами.

1 Метод свободной подвески. Машину подвешивают на пружине или устанавливают на упругой опоре (пружине, резине и т. д.). Собственная частота колебания машины вместе с системой подвески в шести возможных степенях свободы должна быть менее четверти частоты, соответствующей частоте вращения испытываемой машины. Но в таком случае, дополнительная масса упругой опоры не должна превышать 1/10 массы машины, чтобы избежать заметного влияния массы и моментов инерции этих элементов на уровень вибрации.

2 Метод жесткого крепления. Машина должна быть закреплена на жестком основании непосредственно или через опорную плиту. Необходимо обеспечить, чтобы никакие горизонтальные и вертикальные собственные частоты испытываемого оборудования не совпадали с частотой, соответствующей частоте вращения машины, или с какой-либо из гармоник этой частоты. Кроме того, способ установки не должен вызывать значительного снижения критической скорости ротора. Способ крепления будет соответствовать этим требованиям, или виброскорости, измеренные в горизонтальном и вертикальном направлениях у лап машины либо у основания опор стояковых подшипников, либо у основания статора не превышают 50 % скоростей на опорах прилегающих подшипников в точках измерения.

В случае измерения вибрационных характеристик измеряют её вертикальную и горизонтальную составляющие, также их называют «осевая и поперечная». Существует несколько видов вибрационных характеристик:

- виброскорость (мм/с) – величина, характеризующая перемещение точки измерения вдоль оси электродвигателя.

- виброускорение (m/s^2) – прямая зависимость вибрации от силы, её вызвавшей.

- виброперемещение (мкм) – величина амплитуды, показывающая расстояние между крайними точками при вибрации.

При измерениях вибрационных характеристик, в большинстве случаев, измеряют виброскорость, так как она наиболее точно описывает характер проблемы.

В зависимости от требований по вибрации электрические машины подразделяются на три категории: нормальные, с пониженной вибрацией и с особо жесткими требованиями по вибрации.

Вибродиагностические методы контроля состояния двигателей и генераторов обычно являются первым этапом в оценке состояния электрических машин, так как позволяют анализировать состояние оборудования непосредственно во время его работы. После выявления при помощи вибродиагностики основных характерных признаков существования того или иного дефекта, необходимо применять другие специализированные методы диагностики для более тщательной проверки. А оборудование, имеющее несоответствия по величине вибрационных параметров, не допускается к эксплуатации и подлежит дальнейшей доработке или наладке.

Таким образом, вибродиагностика электрических машин является важным критерием для оценки надежности и безопасности работы оборудования.

УДК 656.25

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В ЛОКОМОТИВНОМ, ВАГОННОМ И ПАССАЖИРСКОМ ХОЗЯЙСТВАХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

П. К. РУДОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. В. ПИЩИК

Минское вагонное депо УП «Минское отделение Белорусской железной дороги»

Безопасность движения поездов (БДП) – это комплекс мер, направленных на бесперебойную и безаварийную работу железнодорожного транспорта. Важнейшим фактором в обеспечении БДП является дисциплина и добросовестное выполнение всеми работниками служебных обязанностей.

Вследствие нарушения требований БДП создается угроза жизни и здоровью людей, государству наносится значительный материальный ущерб, утрачиваются грузы, выводится из строя дорогостоящее оборудование, происходит нарушение графика движения поездов [1].

В локомотивном, вагонном и пассажирском хозяйствах Белорусской железной дороги существует ряд актуальных вопросов, решение которых позволит обеспечить поддержание высокого уровня БДП в целом на дороге. Особая роль в обеспечении БДП в этих хозяйствах отводится исправному состоянию и постоянно готовому к применению автотормозному оборудованию. На сети железных дорог стран СНГ и Балтии возрастает количество вагонов грузового парка, оборудованных безрезьбовыми соединениями труб и тормозных приборов. При нарушении требований монтажа безрезьбовых соединений вагонов возникает ослабление момента затяжки накладных гаек. Необходимо постоянно контролировать технологию выполнения монтажа безрезьбовых соединений поверенным динамометрическим ключом.

Одним из важных факторов в техническом обслуживании автотормозного оборудования в пути следования является наличие у исполнителей (локомотивных бригад, поездных электромехаников) необходимых навыков и умений производить монтаж и контроль моментов затяжки безрезьбовых соединений, а также замену резьбовых соединений. При необходимости устранения неисправности безрезьбовых соединений либо замены концевого крана любого типа это позволит выполнить необходимые работы оперативно и согласно требованиям, предъявляемым к монтажу указанных соединений, а также сократить и минимизировать задержки грузовых и пассажирских поездов на перегонах и станциях, где отсутствуют осмотры вагонов. На ближайшем пункте технического обслуживания останется проконтролировать момент затяжки накладных гаек безрезьбовых соединений, правильность монтажа концевых кранов, а при необходимости – отцепить вагон в текущий отцепочный ремонт. Необходимо обратить внимание на отработку локомотивными бригадами практических навыков по демонтажу/монтажу безрезьбовых соединений на специальных учебных стендах, либо на подвижном составе в рамках технической учебы с привлечением инструкторов вагонных депо. Для начальников поездов, поездных электромехаников и локомотивных бригад пассажирского движения предусмотреть отработку практических навыков по демонтажу/монтажу концевого крана № 4304, 4314 и соединительного рукава № 369А. По итогам технической учёбы проводить сдачу зачёта по теоретическим знаниям и практическим умениям.

Необходимо отметить, что идеальным вариантом было бы укомплектование технической аптечки каждого поездного локомотива динамометрическими ключами, но это повлечёт большие финансовые затраты для предприятий.

Предлагаемые мероприятия по взаимодействию работников локомотивного, вагонного и пассажирского хозяйств позволят повысить теоретическую и практическую подготовку исполнителей, что приведет к уменьшению задержек по причине неисправности автотормозного оборудования в пути следования.

По Белорусской железной дороге следуют грузовые (грузопассажирские) поезда, в которые включаются вагоны, оснащенные тормозным оборудованием компании «Knorr-Bremse» («Кнорр-Бремзе») – воздухораспределителями КАВ-60 и авторежимами АКВ-1. Вагоны, у которых выявлены неисправности вышеназванного воздухораспределителя или авторежима, отцепляются в текущий отцепочный ремонт. На участке текущего отцепочного ремонта грузовых вагонов проверяется действие тормоза вагона в соответствии с пунктом 19.5.3 «Общего руководства по ремонту тормозного оборудования 732 ЦВ-ЦЛ». На основании Приложения № 13 к «Регламенту расследования причин отцепки грузового вагона и ведения рекламационной работы» ОАО «РЖД» при выявлении неисправных авторежима АКВ-1 или воздухораспределителя КАВ-60 демонтаж этих приборов производится только в присутствии представителей ООО «Кнорр-Бремзе 1520» после комиссионного испытания на отцепленном вагоне в соответствии с требованием пункта 19.5.3 «Общего руководства по ремонту тормозного оборудования 732 ЦВ-ЦЛ». Замена главной и магистральной частей воздухораспределителя КАВ-60 производится представителями ООО «Кнорр-Бремзе 1520» [2].

Проведенный анализ на участке текущего отцепочного ремонта грузовых вагонов Минского вагонного депо с сентября 2018 года по август 2019 года показал, что ни в одном из 22 вагонов поступивших по различным неисправностям, которые оборудованы воздухораспределителями КАВ-60 и авторежимами АКВ-1, неисправностей этих приборов не выявлено. Однако, учитывая увеличение парка вагонов, оборудованных этими приборами, целесообразно на Белорусской железной дороге разработать и утвердить указания (регламент) по действию работников вагонного хозяйства (в т. ч. специалистов ответственных за ведение рекламационной работы) при выявлении неисправности тормозного оборудования компании «Knorr-Bremse», используемого на подвижном составе.

С работниками вагонного хозяйства Белорусской железной дороги, непосредственно связанным с обеспечением БДП, проводится ознакомление со случаями браков в работе, крушений, сходов подвижного состава и т. п. согласно телеграфным указаниям из отделений и Управления Белорусской ж. д. Для информирования оформляются тревожные сигналы с описанием случившегося и напоминанием о необходимости беспрекословного и безусловного выполнения правил технической эксплуатации, инструкций, руководящих документов и других нормативных документов. Считаем, что целесообразно оформлять тревожные сигналы централизованно по всей дороге с использованием фотоматериалов и информации о случившемся. Это позволит обеспечить более полное ознакомление работников вагонного хозяйства с произошедшими нарушениями БДП. Наличие фотоматериалов будет способствовать лучшему восприятию и запоминанию информации, что положительно отразится на обеспечении БДП.

На дороге имеют место вынужденные остановки грузовых (грузопассажирских) поездов по общению работников, на которых возложены обязанности контроля технического состояния и встречи поездов «с ходу» по причине отсутствия хвостового сигнала (диска сигнального светоотражающего хвостового вагона), ограждающего хвост грузового (грузопассажирского) поезда и указывающего на следование его в полном составе. В настоящее время сигнальный диск в технических аптечках поездных грузовых локомотивов отсутствует. Оборудование аптечек сигнальным светоотражающим диском хвостового вагона позволит (после того как помощник машиниста убедится в полноте состава поезда (сверкой номера хвостового вагона с указанным номером в справке об обеспечении поезда тормозами и исправном их действии)) обозначить хвост поезда в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации Белорусской железной дороги, а также исключит необходимость дополнительной остановки поезда на пунктах технического обслуживания для навешивания сигнального диска хвоста поезда.

Все вышеперечисленные актуальные вопросы и предложения направлены на повышение безопасности движения поездов и предотвращение нарушения графика движения поездов.

Список литературы

- 1 Безопасность движения на железнодорожном транспорте / В. И. Галеев [и др.]. – Минск : Польша, 1996. – 360 с.
- 2 Регламент расследования причин отцепки грузового вагона и ведения рекламационной работы. – М., 2016. – 46 с.

РАСПИРЕНИЕ СКОРОСТНОГО ДИАПАЗОНА РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРНО-ПРИВОДНЫХ УСТАНОВОК ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ДЛЯ ПОНИЖЕННЫХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ

С. Л. САМОШКИН, Е. В. СОРОКИНА, А. С. САРИКОВ

ЗАО научная организация «Тверской институт вагоностроения», Российская Федерация

В настоящее время все отечественные пассажирские вагоны локомотивной тяги оснащаются генераторно-приводными установками, обеспечивающими работу системы энергоснабжения при скоростях движения от 40 ± 3 км/ч до 160 км/ч [1].

В генераторно-приводных установках пассажирских вагонов с системами кондиционирования воздуха используются редукторно-карданные приводы от середины оси колесной пары типа WBA-32/2 или их отечественные аналоги. Передаточное отношение конических редукторов указанных приводов составляет 3,727.

Кроме магистральных пассажирских вагонов ОАО «Тверской вагоностроительный завод» по заказу различных организаций производит значительное количество специальных вагонов. По требованиям заказчика большинство специальных вагонов разрабатываются на базе пассажирских вагонов с системами кондиционирования воздуха. Кроме перепланировки внутреннего оборудования, главной особенностью специальных вагонов является необходимость работы системы кондиционирования воздуха при пониженных скоростях движения начиная от 20 км/ч, вместо 40 км/ч.

Подобная задача решалась для пассажирских вагонов Сахалинской железной дороги и фитинговых платформ для перевозки крупнотоннажных рефрижераторных контейнеров. Однако эта задача решалась для генераторно-приводных установок с клиноременными приводами [2, 3].

Учитывая, что конструкционная скорость специализированных вагонов не превышает 105 км/ч и с целью сохранения серийной системы автономного энергоснабжения, задача по снижению скорости начала работы системы кондиционирования с 40 до 20 км/ч решилась за счет увеличения передаточного отношения редуктора с 3,727 до 4,937.

В соответствии с техническими условиями ЗАО «Привод-комплектация» разработала и изготовила редуктор ЖДР-0002-У-2 с передаточным отношением 4,95 [4], а ЗАО «ДМИ-Редуктор» – редуктор ДМИ-44.00.000-01 с передаточным отношением 4,937 [5]. Большинство остальных параметров не изменилось по сравнению с серийно выпускаемыми редукторами [6]. Однако изменение передаточного отношения приводит к увеличению механических нагрузок на зубчатую пару, узлы подшипников и вал-шестерню, что потребовало проведение испытаний по всем требованиям [6]. Испытания проводились специалистами ЗАО НО «ТИВ» с использованием испытательного оборудования ЗАО «Привод-комплектация» и ЗАО «ДМИ-Редуктор» по согласованным со всеми заинтересованными сторонами программам-методикам [4, 5].

На первом этапе (до обкатки) были определены зазоры и биение элементов редуктора. После этого колесная пара с редуктором устанавливалась на испытательное оборудование. Режимы проведения испытаний на испытательном оборудовании приведены в таблице 1. В соответствии с [7] испытания проводились с плавным изменением скорости вращения колесной пары и нагрузки на каждом направлении вращения. Отклонение оборотов вращения колесной пары не превышало ± 10 об./мин.

После завершения полного объема испытаний на оборудовании повторно проводилось определение зазоров и биения элементов редуктора.

В таблице 2 приведены результаты типовых испытаний редукторов ЖДР-0002-У-2 и ДМИ-44.00.000-01, проведенных в соответствии с [4, 5].

Таблица 1 – Режимы работы оборудования при испытаниях

Направление вращения полового вала или колесной пары	Число оборотов полового вала, об./мин	Нагрузка на выходном валу, кВт	Время испытания, мин
Правое	0–700	Без нагрузки	60
Левое	0–700	Без нагрузки	60
Правое	0–700	40	90
Левое	0–700	40	90
<i>Итого</i>			5 часов

Таблица 2 – Результаты испытаний

Контролируемый показатель, единица измерения	Нормативное значение контролируемого показателя	Фактическое значение контролируемого показателя, полученное по результатам испытаний			
		ЖДР-0002-У-2		ДМИ-44.00.000-01	
		До обкатки	После обкатки	До обкатки	После обкатки
Определение зазоров и биений, мм:					
- боковой зазор в зацеплении шестерен	От 0,15 до 0,50	0,31	0,33	0,23	0,20
- осевой зазор в подшипниках полого вала	От 0,30 до 0,50	0,40	0,41	0,42	0,41
- осевой зазор в подшипниках ведомого вала шестерни	От 0,03 до 0,18	0,07	0,09	0,11	0,11
- биение корпуса редуктора относительно оси колесной пары	Не более 0,15,	п.с.: 0,09 л.с.: 0,09	п.с.: 0,10 л.с.: 0,11	п.с.: 0,08 л.с.: 0,08	п.с.: 0,09 л.с.: 0,09
- биение фланца ведомой шестерни	Не более 0,10	0,07	0,08	0,05	0,05
- торцевое	Не более 0,10	0,07	0,08	0,05	0,05
- радиальное	Не более 0,10	0,07	0,08	0,05	0,05
Определение пятна контакта зубчатой пары, %:					
- рабочей поверхности высоты зуба	Не менее 45	80,0		55,0	
- рабочей поверхности длины зуба	Не менее 65	90,0		75,0	
Определение уровня шума, дБ(А)	Не более 90	87		81	
Определение температуры корпуса редуктора, °С:					
- в центральной части	Не более 70	55,3		53,4	
- в зоне установки подшипников	Не более 70	45,6		60,6	
Определение массы, кг	Не более 595	540,0		531,0	

Положительные результаты типовых испытаний позволили изготовить первую партию редукторов ЖДР-0002-У-2 и ДМИ-44.00.000-01 и передать их ОАО «ТВЗ» для установки на строящиеся специальные вагоны.

Список литературы

- 1 Терешкин, Л. В. Приводы генераторов пассажирских вагонов / Л. В. Терешкин. – М. : Транспорт, 1990. – 152 с.
- 2 Самошкин, О. С. Совершенствование генераторно-приводных установок пассажирских вагонов / О. С. Самошкин // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 10. – С. 56–59.
- 3 Генераторно-приводные установки автономных рефрижераторных вагонов и фитинговых платформ для перевозки скоропортящихся грузов / О. А. Ворон [и др.] // Вестник РГПУС – 2009. – № 2 (34). – С. 23–29.
- 4 ЖДР-0002-У-2ПМ. Редуктор ЖДР-0002-У-2. Программа и методика типовых испытаний. ЗАО «Привод-комплектация», 2018. – 18 с.
- 5 3183-002-7661901519 ПМ. Редуктор ДМИ-44.00.000-01 конический одноступенчатый привода вагонного генератора от средней части оси колесной пары мощностью не более 32 кВт пассажирского вагона локомотивной тяги с передаточным числом 4,937. Программа методика типовых испытаний. – ЗАО «ДМИ-Редуктор», 2019. – 20 с.
- 6 ЖДРУ.303144.001ТУ. Редуктор ЖДР-0002 привода вагонного генератора мощностью 32 кВт для пассажирских вагонов. Технические условия. – ЗАО «Привод-комплектация», 2014.
- 7 038ПКБЦЛ/ПКТБВ-04РД Редукторно-карданные приводы вагонных генераторов пассажирских ЦМВ. Руководство по ремонту. – ОАО «Вагонремаш», 2014. – 285 с.

УДК 621.315.592

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЛЕНКИ МАРКИ ПМФ ОБРАБОТКОЙ В БАРЬЕРНОМ РАЗРЯДЕ

О. А. САРКИСОВ, А. М. МИХАЛКО, А. А. РОГАЧЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

С развитием высокоскоростного электрического транспорта появилась необходимость использования современных электроизоляционных материалов с высокими эксплуатационными свойствами. Наряду с керамикой и кремнийорганическими резинами одними из высокоэффективных изоля-

ционных материалов являются двухслойные полиимидно-фторполимерные (ПМФ) пленки. Такие пленки сочетают в себе превосходную термостойкость (до 400 °С), отличные механические свойства, обладают высокой усталостной и долговременной прочностью, низкой ползучестью. ПМФ-пленка не растворяется в органических растворителях, имеет высокую химическую стойкость к маслам и агрессивным средам, относится к антифрикционным материалам, обладает низким коэффициентом трения и хорошей стойкостью к воздействию абразивных веществ. Пленки из полиимида хорошо металлизуются и обладают превосходной стойкостью к воздействию радиации. В связи с тем, что пленка при небольшой толщине имеет высокую электрическую прочность, представляется возможным использовать ее при производстве и ремонте статоров и роторов электрических машин, фольгированных диэлектриков, печатных плат, кабельно-проводниковой продукции, в качестве самостоятельных электроизоляционных материалов. Одной из существенных проблем при использовании исходных пленок, выпускаемых промышленностью в широком ассортименте, является получение из пленки монолитной изоляции, сохраняющей свойства полиимида. В качестве клеевого слоя при намотке изоляции на токоведущие части оборудования используется фторполимер (ФТ), который позволяет термически сварить между собой слои изоляции. Однако адгезионная прочность полимер-полимерного сварного соединения исходной пленки не превышает 0,7 Н/см, что приводит к существенному снижению электрической прочности на пробой всей изоляции.

С целью повышения адгезионной прочности полимер-полимерного сварного соединения ПИ и ФТ перед свариванием была проведена обработка ПМФ-пленки в плазме барьерного разряда. Как показали исследования, такая обработка, при дозе более 2,5 МДж/м², позволила увеличить шероховатость полиимидной стороны пленки в сравнении с исходной более чем в 20 раз. Как следствие протекающих на поверхности структурных и химических изменений – существенно (на 70 %) возросло значение поверхностной энергии по Фоуксу, рассчитанное методом Овенса – Вендта – Рабле – Кэлбли. В результате такой обработки прочность адгезионного соединения ПИ – ФТ увеличилась более чем в 5 раз (до 3,8 Н/см), что привело к существенному повышению электрической прочности при создании изоляции. Также установлено, что активационный эффект обработанных пленок сохраняется длительное время. Нами получены данные о сохранении активационного эффекта у пленки ПМФ-351, обработанной таким методом, в течение нескольких лет, что позволяет обеспечить гибкость технологического цикла при производстве электротехнической продукции.

УДК 539.2:678.07-416

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНЫХ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ

О. А. САРКИСОВ, А. М. МИХАЛКО, А. А. РОГАЧЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

В настоящее время создание быстродействующих систем мониторинга вредных или технологических газов на транспорте является актуальной научной и практической задачей. Основным элементом таких систем является газовый сенсор, который детектирует газы и определяет концентрационные характеристики компонентов газовых смесей. Среди быстродействующих газовых сенсоров весьма распространены газовые сенсоры хеморезистивного типа, сопротивление которых пропорционально концентрации газа. Преимуществом таких сенсоров является наличие простой системы регистрации сигнала и высокая чувствительность. Основная проблема существующих полупроводниковых хеморезистивных сенсоров заключается в их низкой избирательности, а также высокая рабочая температура (более 250 °С). В связи с этим в качестве чувствительных слоев применяют новые наноструктурные материалы, например, на основе проводящих полимеров, обладающие высокой чувствительностью, избирательностью, быстро-

действием и имеющие отклик при комнатной температуре. В этой связи особый интерес представляют полисопряженные проводящие полимеры на основе полианилина, которые обладают высокими электрофизическими свойствами и химической стабильностью. Высокие свойства полианилина проявляются в микро- и наноструктурированном состоянии, когда значительно увеличивается доля поверхностных атомов, и в таких системах помимо химического состава на свойства формируемых систем оказывают влияние как структурная организация полимерных макромолекул, так и особенности распределения допантов в ней.

Одним из перспективных направлений повышения проводимости, сенсорных свойств слоев полианилина является их допирование наночастицами металлов (Pd, Pt, Au, Ag, Cu). Данные допанты влияют на свойства формируемых слоев полианилина не только из-за своей собственной высокой проводимости, а в большей степени – за счет способности менять структурную организацию формируемых слоев на наноуровне вследствие своего особого наноструктурного состояния.

Нами разрабатывается полностью безрастворный плазмохимический метод получения проводящих композиционных покрытий полианилина из продуктов электронно-лучевого диспергирования в вакууме основания эмеральдина и соответствующего допанта. Данный метод был успешно реализован для одностадийного получения непроводящих и проводящих форм полианилина, в том числе содержащих наночастицы металлов.

Целью данной работы являлось совершенствование вакуумной плазмохимической технологии нанесения покрытий для селективных газовых сенсоров и определение их характеристик (времени отклика, избирательности, чувствительности).

Формирование покрытий на основе полианилина осуществлялось методом низкоэнергетичного электронно-лучевого нанесения. В качестве тигля использовали механическую смесь полианилина (основание эмеральдина) и соли соответствующих металлов (Au, Ag, Cu). Толщина композиционных покрытий не превышала 150 нм и ее контролировали в процессе нанесения с помощью кварцевого измерителя толщины (QCM). Для исследования морфологии поверхности подложки использовали сканирующую зондовую микроскопию, реализованную на микроскопе Solver P47 PRO (NT-MDT, Russia). Сканирование проводили одновременно в контактном режиме и режиме сопротивления растеканию тока. В этом случае помимо топографии поверхности получали данные о локальной проводимости путем измерения величины тока между образцом и зондом, при прикладываемом напряжении между ними в 5 В. Исследуемое покрытие наносилось на подложку, представляющую собой встречно-штыревой конденсатор с платиновыми электродами (высотой 220 нм, шириной 50 мкм, шагом 20 мкм) на которой и проводилось измерение вольтамперных и частотных зависимостей комплексного импеданса. Измерения осуществлялись с помощью измерителя иммитанса E7-20 при пошаговом изменении частоты f от 25 до 10^6 Гц с измерительным сигналом амплитудой в 1 В. Минимальный шаг изменения частоты до 1 кГц составлял 1 Гц, свыше 1 кГц – 1 кГц.

Установлено, что состав диспергируемой мишени влияет на параметры сенсорного отклика на анализируемые газы (аммиак, метан и др.), определяет электрофизические свойства наноконпозиционных покрытий на основе полианилина, формируемые методом электронно-лучевого диспергирования исходных компонентов.

Показана возможность формирования проводящих наноконпозиционных слоев на основе полианилина и солей металлов. Сорбция анализируемых газов на поверхности пленок приводит к изменению их химической структуры, а также к физическим превращениям в макромолекулах, например, нейтрализации образованных катион-радикалов. Данные результаты свидетельствуют о возможном одновременном протекании физической сорбции и процессов хемосорбции, управлении вклада каждого из процессов.

Установлено, что сенсоры на основе вакуумных покрытий полианилина и наночастиц серебра имеют низкое энергопотребление, высокое быстродействие ($T_{90} = 92$ с) и большую в 11 раз относительную чувствительность при концентрациях анализируемых паров аммиака до 10 ppm по сравнению с коммерчески доступными сенсорами.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОСЦЕПКИ НА ПРОДОЛЬНЫЕ СИЛЫ В ГРУЗОВОМ ПОЕЗДЕ

П. А. САХАРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Общей тенденцией грузоперевозок на железнодорожном транспорте является формирование составов большой длины и массы, направленное на экономию топливно-энергетических ресурсов. Однако при ведении таких поездов между вагонами возникают большие продольные силы, отрицательно влияющие на устойчивость движения. Для обеспечения безопасности необходимо, чтобы эти силы не превышали допустимых значений и по возможности были минимальны. Решение данных задач требует обоснованного управления движением поезда и формирования составов. Большое влияние на величину продольных сил оказывают характеристики автосцепных устройств вагонов, в частности силовые характеристики поглощающих аппаратов и зазоры в упряжи. Сравнение значений продольных сил на неустановившихся режимах движения при различных параметрах межвагонных связей позволит выработать рекомендации, направленные на повышение безопасности движения грузовых поездов.

Для решения поставленной задачи составлено математическое описание движения поезда, на основании которого разработана компьютерная модель в программе MSC.ADAMS. Ее описание и идентификация работы рассмотрены в [1]. Модель поезда представляет собой цепочку абсолютно твердых тел – вагонов, движущихся прямолинейно без вертикальных колебаний и угловых перемещений. Модель автосцепных устройств, учитывающих зазоры, определяется выражением

$$T = \begin{cases} \left(C_n \left| q - \frac{\delta}{2} \right|^{n_n} + T_{0n} \right) \operatorname{sgn}(\dot{q}), & q \in \left[-h - \frac{\delta}{2}; -\frac{\delta}{2} \right) \cup \left(\frac{\delta}{2}; h + \frac{\delta}{2} \right], \text{ если } q\dot{q} \geq 0; \\ 0, & q \in \left[-\frac{\delta}{2}; \frac{\delta}{2} \right]; \\ \left(C_p \left| q - \frac{\delta}{2} \right|^{n_p} + T_{0p} \right) \operatorname{sgn}(\dot{q}), & q \in \left(-h - \frac{\delta}{2}; -\frac{\delta}{2} \right) \cup \left(\frac{\delta}{2}; h + \frac{\delta}{2} \right), \text{ если } q\dot{q} < 0, \end{cases} \quad (1)$$

где C_n, C_p – коэффициенты жесткости аппарата при нагрузке и разгрузке соответственно, Н/м; q – сжатие поглощающих аппаратов, м; \dot{q} – скорость сжатия аппарата, м/с; n_n, n_p – показатели степени при нагрузке и разгрузке; T_{0n}, T_{0p} – сила начальной затяжки поглощающего аппарата при нагрузке и разгрузке, Н; h – максимальный ход поглощающих аппаратов межвагонного соединения, м; δ – суммарный зазор в автосцепках, м.

Для исследования влияния зазоров в автосцепных устройствах на величину продольных сил в поезде принята силовая характеристика поглощающих аппаратов, определяемая в соответствии с выражением (1) при $n_n = n_p = 2$, одинаковая для всех вагонов. Максимальная энергоемкость и суммарный конструкционный ход поглощающих аппаратов каждого межвагонного соединения приняты 180 кДж и 180 мм соответственно. Значения характеристик подобраны так, чтобы сила закрытия составляла 2600 кН, а коэффициент необратимого поглощения энергии при динамическом нагружении – 0,73. Все основные параметры работы поглощающих аппаратов соответствуют требованиям [2]. В расчетах рассмотрено движение однородного состава из 100 груженых вагонов общей массой 7000 т по прямому горизонтальному участку пути при зазорах в упряжи от 20 до 80 мм.

Моделирование трогания поезда с места показало, что при резком изменении силы тяги в сжатом составе с зазорами в автосцепках 40–80 мм распространяется волна ударов, амплитуда которых увеличивается с ростом зазоров. При этом максимальные силы возникают в межвагонных соединениях 40–50 вагонов, и превышают приложенную внешнюю силу тяги более чем в 2 раза. Уменьшение зазоров до 20 мм приводит к значительному снижению максимальных сил, превышающих силу тяги в этом случае не более чем на 40 %. При плавном трогании с места продольные силы невелики

и превышают силу тяги на 11 % только при зазорах 80 мм. Увеличение зазоров в этом случае приводит к росту ударных сил в хвостовой части состава.

Проведены расчеты для случая электродинамического торможения растянутого поезда на прямом горизонтальном участке пути при начальной скорости 80 км/ч. Результаты показали, что при зазорах в автосцепках 20 мм и резком торможении продольные силы превышают тормозную силу не более чем на 10 %. С ростом зазоров в первой половине состава возникает волна ударов, амплитуда и длительность которых увеличивается. В этом случае максимальные силы превышают тормозную более чем на 30, 80, 110 % при зазорах 40, 60, 80 мм соответственно. При плавном торможении ударные силы сохраняются, с той лишь разницей, что максимальные их значения в этом случае меньше и возникают в хвостовой части поезда.

Для оценки влияния вида силовой характеристики поглощающих аппаратов на величину максимальных продольных сил в поезде рассмотрено три вида их характеристик: жесткая, линейная, мягкая [2]. Для них линии разгрузки приняты одинаковыми, а линии нагрузки подобраны в соответствии с (1) таким образом, чтобы максимальная энергоемкость поглощающих аппаратов межвагонного соединения составляла 207 кДж. Максимальные значения хода аппаратов и коэффициента необратимого поглощения энергии равны 180 мм и 0,74 соответственно, силы начальной затяжки – $T_{0н} = 200$ кН, $T_{0р} = 50$ кН. Все параметры соответствуют классу поглощающего аппарата Т1 [2]. Следует отметить, что при прочих равных параметрах, при полном сжатии аппарата с жесткой характеристикой сила достигает 3 МН, для линейной – 2,1 МН, а для мягкой – 1,7 МН. Рассмотрено движение однородного грузового поезда с составом массой 8000 т (100 вагонов по 80 т) по прямому горизонтальному участку пути и зазорами в межвагонных соединениях 65 мм.

Резкое увеличение силы тяги при трогании с места сжатого состава для всех вариантов межвагонных связей приводит к значительному росту сил ударного характера, превышающих силу тяги в два раза и более и возникающих в хвостовой части состава. Их максимальные значения проявляются в поглощающих аппаратах с жесткими характеристиками. При плавном увеличении силы тяги наибольшие ударные силы проявились в межвагонных связях с мягкими характеристиками. Они возникли в районе хвостовой части состава и превысили силу трогания на 60 %. В поезде с жесткими характеристиками максимальные силы носят упругий характер и распределены в первой половине состава. Для всех характеристик упругие силы превысили силу трогания на 15 %.

Моделирование электродинамического торможения рассмотрено для предварительно растянутого поезда, движущегося с начальной скоростью 30 км/ч. При резком приложении тормозного усилия наблюдается рост динамических сил, в 1,8–2 раза превышающих тормозную. Наибольшие из них возникают в межвагонных связях с жесткой силовой характеристикой. Плавное торможение приводит к возникновению ударных сил в межвагонных соединениях с мягкими характеристиками, наибольшие из которых превышают силу торможения на 30 %. Следует отметить, что мягкая характеристика при плавном увеличении внешнего воздействия способствует росту не только ударных сжимающих сил, но и растягивающих, возникающих при оттяжке в хвостовой части поезда.

На основании представленных результатов можно сделать вывод о наличии как положительных, так и отрицательных свойств у всех рассмотренных силовых характеристик поглощающих аппаратов автосцепных устройств. При резком приложении внешнего воздействия наименьшие продольные силы возникают в автосцепках, оборудованных поглощающими аппаратами с мягкими силовыми характеристиками, а наибольшие – с жесткими. При плавном изменении управляющего воздействия – наоборот. Во всех случаях жесткие характеристики способствуют развитию упругих продольных колебаний в поезде, а мягкие – их гашению. Наличие зазоров в автосцепках более 20 мм приводит к появлению значительных по амплитуде продольных сил ударного характера, увеличивающихся с ростом зазоров. В зависимости от характера воздействия их максимальные значения могут возникать в различных частях поезда. Полученные результаты могут быть использованы при выборе рациональных режимов ведения поездов и формировании железнодорожных составов.

Список литературы

1 Шимановский, А. О. Влияние зазоров в автосцепных устройствах на продольные силы в межвагонных соединениях однородного поезда / А. О. Шимановский, П. А. Сахаров // Механика машин, механизмов и материалов. – 2019. – № 2 (47). – С. 42–50.

2 ГОСТ 32913–2014. Аппараты поглощающие сцепных и автосцепных устройств железнодорожного подвижного состава. Технические требования и правила приемки. – Введ. 01.06.2015. – М. : Стандартинформ, 2015. – 9 с.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СБОРКИ-РАЗБОРКИ ПОГЛОЩАЮЩИХ АППАРАТОВ ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГОЁМКОСТИ

Д. П. СОРОКИН

Белорусская железная дорога, г. Жлобин

Техническое состояние вагонного парка, четко выраженная тенденция его старения предъявляют особые требования к техническому состоянию тягово-ударных устройств вагона. Оно является определяющим и при обосновании его ремонта по пробегу. Технология и организация работ должны обеспечивать своевременную подачу проверенных и отремонтированных элементов тягово-ударных устройств на сборочные позиции вагоносборочного участка при ритмичной работе всех подразделений депо и соблюдении графика проведения ремонтных работ.

В соответствии с действующей Инструкцией по ремонту и обслуживанию автосцепного устройства подвижного состава железных дорог ремонт поглощающих аппаратов класса Т-1 при проведении ремонта вагонов в условиях депо не допускается. Неисправные поглощающие аппараты должны быть направлены на завод-изготовитель или предприятие, имеющее разрешение от завода-изготовителя на ремонт указанных поглощающих аппаратов. На Белорусской железной дороге отсутствуют предприятия, аттестованные для проведения ремонта поглощающих аппаратов класса Т-1.

В соответствии с Положением о системе технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов, допущенных в обращение на железнодорожные пути общего пользования в международном сообщении, принятом Советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества (протокол № 57 от «16–17» октября 2012 г.) межремонтный период составляет 3 года. При изготовлении вагонов и плановых видах ремонта подвижной состав комплектуется поглощающими аппаратами увеличенной энергоёмкости.

После проверки аппарата и постановки гайки конец стяжного болта над гайкой должен быть расклепан для предупреждения ее самоотвинчивания.

Для постановки собранного аппарата на вагон его необходимо дополнительно сжать на прессе и под гайку стяжного болта поставить металлическую прокладку высотой 15–20 мм, изготовленную из стального прутка диаметром 16–20 мм. Такие форма и размеры прокладки обеспечат свободное ее выпадение при первом сжатии аппарата после установки на вагон.

Для проведения технического обслуживания поглощающих аппаратов класса Т-1 необходимо специальное оборудование – стенд для сборки-разборки, который позволит обеспечить усилие для сжатия поглощающего аппарата не менее 480 кН. Существующее в депо оборудование не создает необходимое усилие для сжатия поглощающих аппаратов класса Т-1. Поэтому, согласно руководящим документам, большей части поглощающих аппаратов не может быть проведено техническое обслуживание.

На вагоны, поступающие для ремонта в Жлобинское вагонное депо, ежегодно устанавливают в среднем 720 поглощающих аппаратов класса Т-1. Для обеспечения необходимого усилия сжатия поглощающих аппаратов был разработан и внедрен стенд для сборки-разборки поглощающих аппаратов (рисунок 1).

Стенд состоит из опрокидывателя, выталкивающего пневмоцилиндра с ограждением, выталкивающего пневмоцилиндра с ограждением, шкафа управления, пульта управления, гидростанции, электрошкафа, пресса, блока подготовки воздуха с манометром и клапаном безопасности, пневмоцилиндра передаточной тележки, пневмоцилиндра опрокидывателя с ограждением, рабочего стола, гидроцилиндра силового, тележки передаточной с ограждением, стойки, гайковерта пневматического. Гидростанция расположена в приямке, который закрыт люком. Для удобства в работе гайковерт пневматический подвешен на вытягивающемся тросике с уравновешивающим грузом. Тележка передаточная перемещается по направляющим до упора.

Стенд позволил механизировать следующие операции:

- извлечение поглощающего аппарата из тягового хомута;
- опрокидывание поглощающего аппарата на тележку передаточную;
- перемещение поглощающего аппарата в рабочую зону пресса;
- сжатие поглощающего аппарата с помощью пресса;

- перемещение поглощающего аппарата из рабочей зоны прессы в зону работы опрокидывателя;
- перемещение поглощающего аппарата с помощью опрокидывателя на рабочий стол;
- перемещение (вталкивание) поглощающего аппарата в тяговый хомут.

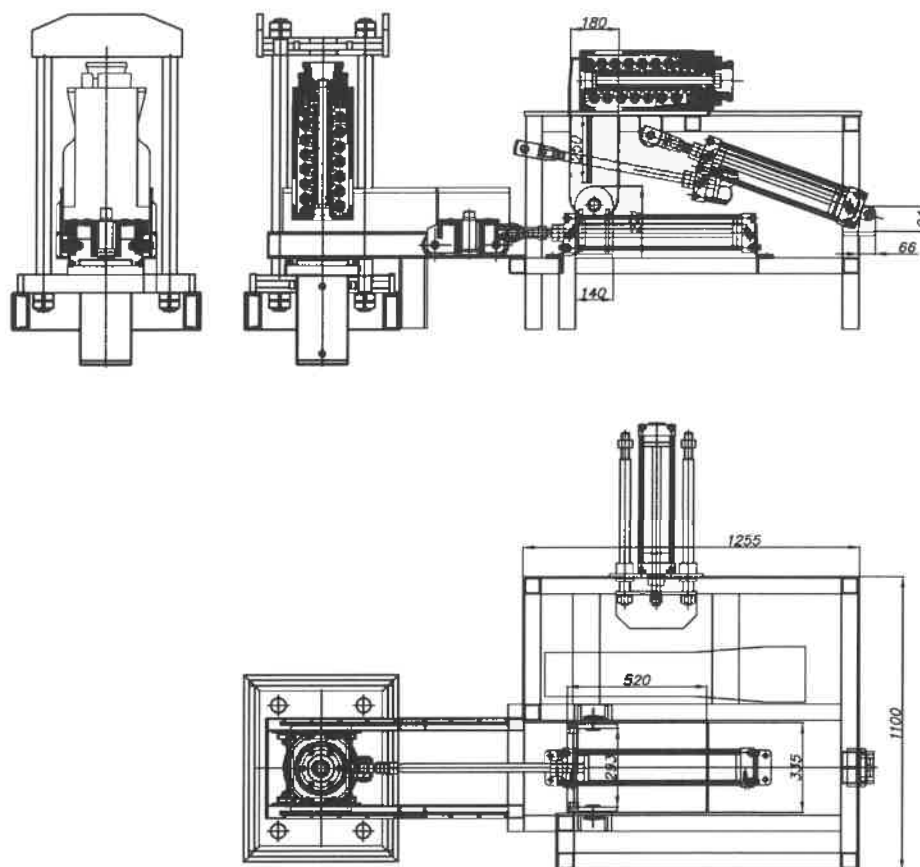


Рисунок 1 – Стенд для сборки-разборки поглощающих аппаратов

Использование разработанного стенда позволяет проводить техническое обслуживание поглощающих аппаратов класса Т-1. В перспективе после аттестации предприятия на проведение ремонта энергоёмких поглощающих аппаратов данный стенд может применяться при ремонте.

Список литературы

1 ГОСТ 32913–2014. Аппараты поглощающие сцепных и автосцепных устройств железнодорожного подвижного состава. Технические требования и правила приемки. МКС 03.220.30. – М. : Стандартинформ, 2015.

2 Болдырев, А. П. Основные тенденции разработки и внедрения новых конструкций поглощающих аппаратов / А. П. Болдырев, Д. А. Стулин, А. М. Гуров // Известия ПГУПС. – СПб. : ПГУПС. – 2018. – № 1. – С. 30–35.

УДК 625.143

ЛИТЫЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ КОЛЕСА – ОТ ИДЕИ К РЕАЛЬНОСТИ

Л. А. СОСНОВСКИЙ, В. В. КОМИССАРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Вопросы безопасной эксплуатации подвижного состава на железных дорогах стали возникать с момента их появления и являются актуальными до настоящего времени. Основные технические и экономические показатели работы железных дорог мира в основном определяет фрикционное вза-

имодействие колес подвижного состава с рельсами. Поэтому основным способом производства железнодорожных колес на всем пространстве 1520 является обработка металла давлением, в результате которой получают цельнокатанные колеса, которые, как считается, являются более надежными. С другой стороны, остро стоит вопрос о снижении повреждаемости и стоимости железнодорожных колес. В этой связи учеными разных стран предлагаются различные способы повышения надежности элементов системы колесо/рельс, а также предлагаются разнообразные подходы к снижению стоимости их производства.

Известно, что увеличение стоимости катанных колес происходит из-за того, что их производство требует применения сложного оборудования. В то же время в литературе отмечается, что более дешевым способом является производство литых колес. В частности, констатируется, что в США до 75 % железнодорожных колес получают методом литья, а крупнейшим производителем таких колес является компания Griffin Wheel (США).

Известно, что попытки внедрения литых колес в государствах, в которых используется колея 1520, имеют довольно давнюю историю. Так, в начале 2000-х гг. их пробовали изготавливать в Караганде (Казахстан), но потом отказались от этой технологии. В 2010-х гг. Украина оборудовала ими 50 вагонов (200 колесных пар) и начала их опытную эксплуатацию по маршруту Роковатая – Ужгород – Кошице (Украина – Словакия). Однако они были сняты еще до истечения сроков эксплуатации, исследованы и подтвердили средний ресурс литого колеса по достижении предельной толщины обода на уровне 405 тыс. км, а первые отказы (по границе доверительного интервала) в виде дефекта «Толщина обода» – при достижении 229 тыс. км.

Отмечается также, что на американских железных дорогах литые колеса широко используются, однако там реализованы совершенно другие условия эксплуатации, а преобладающими являются чисто финансовые показатели. Поэтому на практике имеет смысл сравнивать литое колесо и цельнокатаное по стоимости жизненного цикла.

Исходя из имеющихся немногочисленных публикаций по данной тематике, следует, что цельнокатанные колеса чаще бракуются по выщербинам, а литые – по тонкому гребню. Что касается ползунов на поверхности катания, то литые и цельнокатанные колеса имеют похожую статистику распределения повреждений.

В целом в работе констатируется, что применение литых железнодорожных колес на грузовых вагонах с учетом их стоимости является перспективным направлением. Такие выводы можно видеть и в различных рекламных брошюрах компании Amsted Rail. С другой стороны, имеются сведения о приостановке разработки соответствующего стандарта на литые железнодорожные колеса в России из-за необходимости получения статистических экспериментальных данных натурной эксплуатации таких колес.

Опыт работы предприятий СНГ и дальнего зарубежья показывает эффективность применения чугунов с шаровидным графитом и с бейнитной, бейнитно-аустенитной или аусферритной структурой металлической основы (матрицы) в качестве материала деталей машин различного назначения: зубчатых колес, шатунов, распределительных валов, поворотных цапф передней оси подвески, элементов трения-торможения. Применение такого чугуна обеспечивает экономию энергии, уменьшение припусков на механическую обработку, снижение массы отливок на ~10 %, а также малое изменение размеров при термической обработке.

Сочетание высоких механических свойств, включая повышенные значения пластичности и ударной вязкости, в данных чугунах получают путем использования рационального химического состава и способа их термической обработки. Наиболее распространенным способом получения бейнитной структуры в высокопрочных чугунах является изотермическая закалка. Недостаток этого процесса состоит в трудоемкости и энергоемкости процесса вследствие необходимости использования специального оборудования и жидких охлаждающих сред в виде расплавов солей и щелочей с вредными выделениями. В конечном итоге эксплуатационные характеристики такого чугуна не только не уступают, но и в некоторых случаях превосходят многие виды традиционных конструкционных материалов.

Считаем перспективным перенести имеющийся мировой опыт и опыт применения в Республике Беларусь специальных высокопрочных чугунов и для изготовления литых колес для железнодорожного состава. Естественно, что для опробования данного предложения нужно реализовать комплекс исследований и определить как в целом целесообразность данного предложения, так и область его возможного применения.

Главное достоинство специальных чугунов состоит в том, что они обнаруживают оригинальную и уникальную совокупность свойств: прочность на уровне современных легированных термоупрочненных сталей и одновременно технологические и служебные свойства, как у современных высокопрочных чугунов с шаровидным графитом («два в одном»). При этом служебные свойства таких чугунов хорошо регулируются путем соответствующего подбора режимов термообработки.

Возникают широкие перспективы использования таких чугунов для решения задач по повышению конкурентоспособности наиболее ответственных – трибофатических – систем машин и оборудования путем замены высокозатратных и энергоемких кузнечно-прессовых и сварных технологий на современные экономичные технологии литья с обеспечением требуемой эксплуатационной надежности.

УДК 629.735-519

СИСТЕМА АВАРИЙНОГО ТОРМОЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ИЗ СОСТАВА БЕСПИЛОТНОГО АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА МЧС «БУРЕВЕСТНИК»

Е. В. ФИЛЯГИН, А. А. ЩАВЛЕВ

*УП «Научно-производственный центр multifunctionальных беспилотных комплексов»
НАН Беларуси, г. Минск*

Основной проблемой при летных испытаниях и опытной эксплуатации беспилотного летательного аппарата (далее – БЛА) из состава беспилотного авиационного комплекса (далее – БАК) при заходе на посадку и посадке является значительная погрешность точки касания колес шасси относительно расчетной точки посадки (точки привязки) на взлетно-посадочной полосе (ВПП). Связано это с недостатками программного обеспечения, погрешностями датчиков (высоты, скорости, режимов работы двигателя, температурных условий и др.), скорости отработки рулевых поверхностей на глиссаде и посадке. Испытания показали (аналогичная ситуация с БЛА «Гриф»), что точность приземления относительно расчетной точки (точки привязки) на ВПП составляет от 20 до 300 метров. Заданная в техническом задании длина пробега БЛА из состава БАК «Буревестник» – не более 300 м. Неточная посадка БЛА на укороченных ВПП недопустима, так как имеется большая вероятность ухода БЛА за пределы ВПП. Тестовые испытания БЛА проводятся на ВПП длиной не менее 800 м.

В настоящее время тестируется разработанная на предприятии система аварийного торможения БЛА состоящая из двух комплектов наземных тормозных блоков и бортового крюка (гака). Тормозные блоки закрепляются в грунт в конце ВПП по обе ее стороны и соединяются между собой тросом, приподнятым по высоте над ВПП полиуретановыми кружками примерно на $\frac{1}{4}$ диаметра колес шасси. В случае возникновения угрозы выкатывания БЛА за пределы ВПП (перелет расчетной точки посадки) оператор дает команду на выпуск гака с автоматизированного рабочего места наземного пункта управления. На скорости 65–70 км/ч после зацепа гаком троса тормозных блоков происходит полное торможение и остановка БЛА в пределах 40–50 метров. В случае отсутствия зацепа гаком троса на первом комплекте тормозных блоков эту функцию выполнит второй дублирующий комплект. Таким образом возможны к применению укороченные взлетно-посадочные площадки (ВПП) с длиной не менее 300 метров, а с учетом установки тормозных блоков длина ВПП должна быть порядка 400 м.

Подобные системы используются в беспилотных комплексах зарубежных стран, а для пилотируемой авиации – на авианосцах. Конструкция гака для БЛА «Буревестник» с укороченным корпусом фюзеляжа имеет свои особенности из-за близкого расположения узлов крепления гака к воздушному винту и выполнено по треугольной силовой схеме, не допускающей повреждение воздушного винта.

Тормозные блоки представляют собой легкую и надежную пружинную конструкцию, удерживающую БЛА весом до 300 кг на пробеге до полной остановки с вышеуказанными скоростями.

Таким образом, применение тормозного посадочного комплекса обеспечит безопасную посадку БЛА из состава БАК «Буревестник» на укороченных взлетно-посадочных площадках (ВПП) про-

тяженностью до 400 метров. Тормозной посадочный комплекс имеет все конструктивные возможности для последующей модернизации.

Список литературы

- 1 Аэродромные тормозные посадочные устройства и жидкостные аэродромные тормозные посадочные устройства (В64F1/02) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://findpatent.ru/catalog/25662>. – Дата доступа : 9.09.19.
- 2 Аэрофинишёр [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://howlingpixel.com/i-ru>. – Дата доступа : 9.09.19.
- 3 Анализ функционирования систем автоматической посадки беспилотной авиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://stud.wiki/transport/2e0b65635a2bc68b5d43a88421216c36_0.html). – Дата доступа : 9.09.19.

УДК 629.4.016

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОКОМОТИВНОЙ ТЯГИ

С. Я. ФРЕНКЕЛЬ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Снижение расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов возможно как за счет модернизации и обновления подвижного состава, так и в результате проведения организационно-технических мероприятий. К организационно-техническим мероприятиям, в частности, относится стимулирование топливно-(энерго-)сбережения локомотивными бригадами. Организационно-технические мероприятия должны опираться на знание факторов, определяющих расход энергоресурсов и на этой базе адекватной оценке работы локомотивной бригады и технического состояния локомотива.

Эксплуатационные факторы, определяющие расход энергоресурсов на тягу поездов, можно разделить на две большие группы: качественные и количественные.

К качественным следует отнести факторы, которые нельзя или достаточно сложно измерить. Например, машинист или локомотив.

К количественным относят такие факторы, как перевозочная работа, масса состава и нагрузка на ось вагона, техническая и участковая скорости движения, количество остановок, время стоянок и др., т. е. такие факторы, которые можно измерить.

С целью построения стратегии энергосбережения необходимо иметь объективную информацию о влиянии эксплуатационных факторов на расход энергоресурсов.

Подход к исследованию влияния эксплуатационных факторов на расход энергоресурсов различный для каждой из названных групп.

Организация стимулирования топливно-(энерго-)сбережения имеет смысл в том случае, если

1 Качество ведения поезда машинистом и техническое состояние локомотива существенно влияют на количество энергоресурсов, расходуемых за поездку локомотивом.

2 Имеется возможность объективной оценки работы локомотивной бригады по топливно-(энерго-)сбережению, по результатам которой организуется стимулирование.

Первое положение при кажущейся его очевидности требует, тем не менее, доказательства. Обоснованное доказательство указывает на целесообразность стимулирования топливно-(энерго-)сбережения локомотивными бригадами. Поскольку стимулирование опирается на результаты выполнения нормы расхода энергоресурсов, обоснованными оказываются исследования, направленные на совершенствование методов нормирования расхода энергоресурсов на тягу поездов. В терминах математической статистики влияние качественных факторов «машинист» и «локомотив» на величину расхода энергоресурсов за поездку должно быть значимым.

Для доказательства значимости факторов «машинист» и «локомотив» целесообразно воспользоваться аппаратом дисперсионного анализа. Дисперсионный анализ может быть использован для выявления влияния факторов, не поддающихся количественному измерению, на изучаемый показатель. В соответствии с принятой в [1] терминологией в качестве результирующего показателя можно принять либо полный или удельный (на измеритель перевозочной работы) расход топлива за поездку, либо отклонение фактического расхода топлива за поездку от нормы. Предпочтение, по нашему мне-

нию, следует отдать отклонению от нормы. В этом случае нейтрализуется влияние тех факторов, которые учитываются при расчёте нормы расхода топлива на поездку. Более того, при исследовании оценивается также эффективность методики нормирования, поскольку при несовершенной методике норма расхода не соответствует условиям поездки, а следовательно, факторы «машинист» и «локомотив», оцениваемые по их влиянию на выполнение нормы, заведомо окажутся незначимыми.

Результаты исследований на данных из маршрутных листов машинистов различных локомотивных депо позволяют считать, что факторы «машинист» или «локомотив» оказывают значимое влияние на отклонение фактического расхода топлива за поездку от нормы [2].

Стимулирование топливо-(энерго-)сбережения должно опираться на объективную оценку работы локомотивных бригад и теплотехнического состояния локомотивов. Такая оценка требует научно обоснованного нормирования расхода энергоресурсов на тягу поездов, исключая влияние субъективного фактора. Качество и объективность нормирования расхода энергоресурсов на тягу поездов, тем не менее, в значительной степени зависят от опыта и квалификации машиниста – инструктора по теплотехнике.

В практике энергетических расчётов, связанных с движением поездов, широкое применение находят статистические методы прогнозирования 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 могут служить как материалы опытных поездок, так и информация из маршрутных листов. В качестве влияющих эксплуатационных факторов обычно рассматривают массу состава, среднюю осевую нагрузку вагонов, техническую и участковую скорость движения и другие факторы, информация о которых содержится в маршрутных листах.

Таким образом, применение статистических методов обработки информации из маршрутных листов позволяет, автоматизировав процесс расчета и корректировки норм расхода топлива и электроэнергии, вне зависимости от опыта и квалификации машиниста-инструктора по теплотехнике обеспечить объективное нормирование расхода энергоресурсов на поездку [4, 5].

Автоматизированная система нормирования расхода энергоресурсов на поездку (АСН), разработанная в БелГУТе и прошедшая опытную эксплуатацию, функционально строится как часть автоматизированной системы интегрированной обработки маршрутов машиниста (АС ИОММ). Для повышения качества нормирования расхода энергоресурсов как аргументов уравнения регрессии вводят средние за поездку значения температуры атмосферного воздуха, скорости и направления ветра, а также значение эквивалентного уклона участка.

Оценку изменения расхода энергоресурсов на тягу поездов в результате модернизации или обновления тягового подвижного состава целесообразно проводить по результатам сравнительного анализа данных, содержащихся в маршрутных листах.

Нами выполнен по данным из маршрутных листов машиниста разных локомотивных депо сравнительный анализ топливной экономичности тепловозов 2ТЭ10М и модернизированных 2ТЭ10МК [6], позволивший оценить полученное в результате модернизации тепловозов снижение расхода топлива в эксплуатации [6].

По данным из маршрутных листов выполнено сравнение энергоэффективности электровозов ВЛ80С, БКГ1 и БКГ2, позволившее обосновать целесообразность применения той или иной серии локомотива для разных условий их эксплуатации [6].

Аналогичные исследования выполнены для пассажирских локомотивов и моторвагонного подвижного состава.

Список литературы

1 **Монтгомери, Д. К.** Планирование эксперимента и анализ данных / Д. К. Монтгомери. – Л. : Судостроение, 1980. – 384 с.

2 **Френкель, С. Я.** Снижение расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов – обоснование выбора направления исследований / С. Я. Френкель // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт – Гомель : БелГУТ. – 2009. – № 2. – С. 58–61.

3 **Осипов, С. И.** Рациональные режимы вождения поездов и испытания локомотивов / С. И. Осипов ; под ред. С. И. Осипова. – М. : Транспорт, 1984. – 280 с.

4 **Френкель, С. Я.** О нормировании расхода дизельного топлива магистральными тепловозами / С. Я. Френкель // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Т. 1. – Минск : Технопринт, 2003. – С. 238–242.

5 Френкель, С. Я. О построении системы нормирования расхода дизельного топлива магистральными тепловозами / С. Я. Френкель // Новое в конструкции и технологии обслуживания локомотивов : тезисы докладов науч.-техн. конф. – СПб.: ПГУПС, 2003. – С. 32–33.

6 Френкель, С. Я. Сравнительный анализ энергоэффективности локомотивов в эксплуатации / С. Я. Френкель, Б. С. Френкель // Локомотивы. Электрический транспорт. XXI век : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. – Т. 2. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2018. – С. 197–202.

УДК 621.313.33

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЛОКОМОТИВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

О. Р. ХАМИДОВ, А. В. ГРИЦЕНКО

*Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Российская Федерация*

Безопасность эксплуатации локомотивов – одна из ключевых проблем железной дороги – во многом зависит от надежности работы локомотивных асинхронных тяговых электродвигателей. В свою очередь, надежная эксплуатация локомотивов и, в частности, асинхронных тяговых электродвигателей (АТЭД) обеспечивается целым комплексом мероприятий, среди которых важное место отводится диагностике технического состояния АТЭД.

В настоящее время искусственные нейронные сети (ИНС) находят широкое применение в самых разных предметных областях, в таких отраслях, как автономное управление, робототехника, планирование снабжения, вычислительная техника, медицина, авиация, железные дороги и многих других. ИНС, имитируя работу головного мозга человека, обладают огромным спектром задач, в который входит прогнозирование, идентификация, аппроксимация, управление и т. д. [1, 2].

Анализ существующих зарубежных и отечественных подходов [2–4] показывает что современные системы мониторинга и управления эксплуатацией локомотивных асинхронных электродвигателей являются многоуровневыми, причем нередко эти уровни мало связаны между собой. Практика автономного проектирования соответствующих подсистем приводит к тому, что на различных уровнях управления используются различные методики и стандарты, нет единого метрологического и информационного сопровождения, отсюда можно сделать вывод: требуются значительные вычислительные ресурсы, поэтому данная проблема эффективно решается путем информационной «увязки» различных уровней диагностического обеспечения и управления локомотивного АТЭД.

Разработана интегрированная распределенная интеллектуальная система, основной функцией которой является объединение систем поддержки для решений, в рамках отрасли, при выполнении широкого спектра задач: испытаний, доводки, деповского ремонта, эксплуатации и т. д., где подразумевается использование CALS-технологии, SCADA-систем, STEP-стандартов, CASE-технологии [1, 3, 4]. Комплексное применение этих средств на основе клиент-серверных технологий позволит эффективно и качественно проводить процесс диагностирования технического состояния АТЭД локомотивов.

На рисунке 1 представлена функциональная модель процесса контроля параметров и диагностики технического состояния АТЭД локомотивов.

Как показано на рисунке 1, функциональные блоки означают следующее.

Блок F1 – запись данных измерений локомотивного АТЭД (измеренные параметры в процессе испытаний локомотивного асинхронного электродвигателя нормируются, калибруются, масштабируются и записываются в базу данных испытаний в темпе реального времени).

Блок F2 – статистическая обработка данных АТЭД локомотивов (корреляционный, факторный, регрессионный анализ и т. д.), результатом которой является отсеивание ошибок измерений параметров (аномальных значений).

Блок F3 – «идентификация параметров элементов бортового контроля» – производится идентификация параметров и контроль измеряемых параметров локомотивного АТЭД, в процессе которого дается оценка фактического технического состояния АТЭД (электродвигатель исправен или неисправен).

Блок F4 – «реализация в программном обеспечении бортового контроля измеряемых параметров» – реализуются алгоритмы контроля измеряемых параметров АТЭД локомотивов в программный код. Полученный программный код в дальнейшем используется в качестве модуля контроля и диагностики измеряемых параметров АТЭД локомотивов.

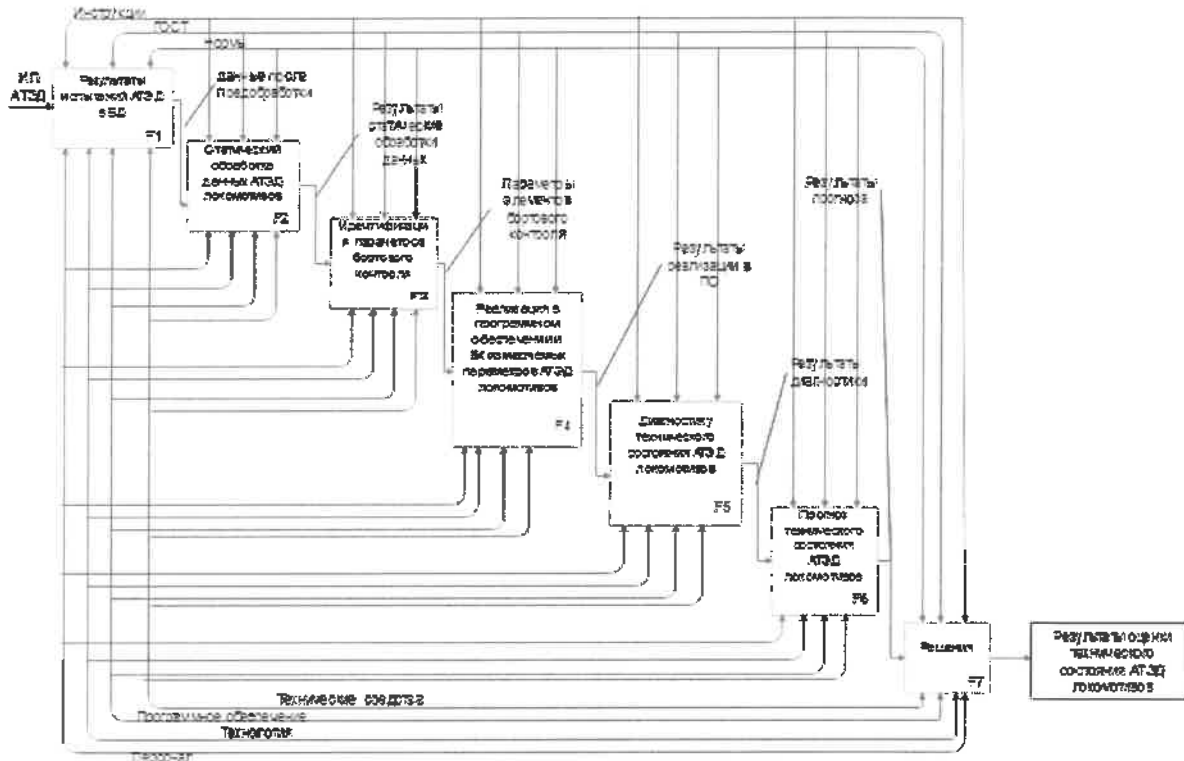


Рисунок 1 – Функциональная модель процесса контроля параметров и диагностики технического состояния АТЭД локомотивов

Блок F5 – диагностика технического состояния АТЭД локомотивов, на основании которой устанавливается наличие неисправности, дефектов и локализуется место ее проявления.

Блок F6 – анализ тренда параметров и прогноз фактического технического состояния АТЭД, на основании которых выявляются тенденции изменения параметров локомотивного асинхронного тягового привода, а также осуществляется краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный прогнозы их поведения.

Блок F7 – принятие решения о фактическом техническом состоянии АТЭД локомотивов, на основании которого осуществляется дальнейшая эксплуатация локомотивов или его снятие.

В настоящее время нейросетевая технология является одной из наиболее динамично развивающихся областей искусственного интеллекта [2, 4].

Разработка нейросетевых систем состоит в определении структуры и моделировании функции множества искусственных нейронных сетей, которые обеспечивают решение сложных технических задач классификации, распознавания и поиска полезной информации, а также структуры и функций нейронных сетей, предназначенных для интеллектуальной обработки информации (интеллектуального нейрокомпьютинга), и первоначально задаются инженером-разработчиком.

Проблема интеллектуальной системы контроля технического состояния локомотивного АТЭД в рамках концепции не является тривиальной, т. е. среди основных вопросов, требующих своего решения в рамках этой проблемы, следующие: разработка экспертных нейросистем в условиях распределенных баз данных и знаний, решение задач мониторинга и контроля параметров локомотивного асинхронного электродвигателя в распределенной системе АРМов и взаимодействие знаний и баз данных на локальном и глобальном уровнях, а также для реализации мониторинга и контроля измеряемых параметров локомотивного АТЭД все необходимые ресурсы; роль системного моделирования для решения задачи контроля параметров локомотивного асинхронного тягового электродвигателя в условиях бортовой реализации и т. д.

Ответ на эти и другие вопросы позволит научно обоснованно и эффективно решить проблему контроля технического состояния локомотивного АТЭД.

Результаты проведенного исследования показали [1, 2, 4], что для оценки технического состояния АТЭД локомотивов необходимо использовать новые подходы к решению задачи идентификации (аппроксимации функций), которые позволяют распараллеливать алгоритмы вычислений с целью увеличения скорости расчета, разработанные модели. Поэтому перспективным подходом является использование теории систем искусственного интеллекта, а именно технологии нейронных сетей, которые позволяют решать широкий спектр задач: от распознавания режима работы асинхронного тягового электродвигателя до восстановления потерянной информации с информационных каналов в условиях ботовой реализации объекта.

Методики построения нейросетевой модели включают следующие основные этапы:

- анализ данных на начальном этапе постановки задачи и выбора архитектуры ИНС;
- преобразование данных для построения более эффективной процедуры настройки ИНС;
- выбор архитектуры ИНС для АТЭД;
- выбор структуры искусственной нейронной сети;
- выбор алгоритма обучения ИНС для АТЭД локомотивов;
- тестирование и обучение искусственной нейронной сети;
- анализ точности нейросетевого решения для АТЭД;
- принятие решения о техническом состоянии АТЭД локомотивов на основе полученных результатов.

На рисунке 2 представлен программно-аппаратный комплекс и структура ИНС для диагностирования АТЭД локомотивов. При обучении ИНС на входе используется определенное значение [3], соответствующее конкретному виду неисправности и отказов АТЭД локомотивов, а также эталонные экспериментальные значения сигнала полной потребляемой мощности опытного двигателя, который получен при помощи того же измерительного устройства.

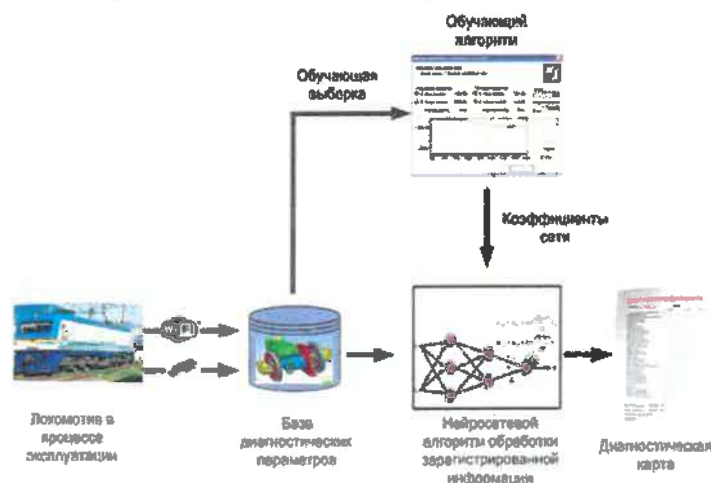


Рисунок 2 – Структура ИНС для диагностирование АТЭД

Выводы. Для создания диагностических устройств и программных комплексов нужно использовать ИНС, так как они являются мощным средством распознавания и прогнозирования сигналов, а их способность к обучению дает возможность разрабатывать адаптивные системы защиты и диагностики тяговых электродвигателей локомотивов.

Список литературы

- 1 Аппарат искусственных нейронных сетей для диагностики современного локомотива / А. В. Грищенко [и др.] // Локомотив. – 2012. – № 7. – С. 36–40.
- 2 Хамидов, О. Р. Разработка методики комплексного диагностирования асинхронного тягового электродвигателя подвижного состава железнодорожного транспорта / О. Р. Хамидов, О. Т. Касымов // Нацразвитие : сб. материалов конф. ГНИИ. – 2017. – С. 32–39.
- 3 Хамидов, О. Р. Оценка технического состояния асинхронных тяговых электродвигателей электровозов серии «UZ-EL» средствами вибродиагностики / О. Р. Хамидов, О. Т. Касымов // Нацразвитие : сб. материалов конф. ГНИИ. – 2017. – С. 13–19.
- 4 Stacked sparse autoencoder-based deep network for fault diagnosis of rotating machinery / Y. Qi [et al.] // IEEE Access. – 2017. – Vol. 5. – P. 15066–15079.

О РЕЗЕРВАХ СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ

Е. А. ЧАЙКОВСКИЙ

Белорусская железная дорога, г. Жлобин

Выполнение качественного планового вида ремонта колесных пар вагонов является одной из важнейших задач в общей цепи обеспечения безопасности движения поездов, перевозок грузов и пассажиров.

Ежегодно примерно одна третья часть всех отцепок происходит в первые шесть месяцев после плановых видов ремонта, что свидетельствует о неудовлетворительном его качестве. В связи с этим необходимо повышать качество ремонта букс, производить дальнейшее совершенствование ремонтной базы на основе внедрения прогрессивных форм организации труда, автоматизации производственных процессов, а также повышать уровень профессионального мастерства работников.

Одна из причин отцепок грузовых и пассажирских вагонов в эксплуатации – **недопустимый нагрев буксовых узлов**, который происходит из-за разрушений основных составляющих элементов роликовых подшипников.

Нагрев буксовых подшипников возникает вследствие трения качения роликов по кольцам, трения смазки о детали подшипников и трения скольжения торцов роликов о борта колец. Выделяющееся в процессе работы подшипников тепло расходуется на повышение температуры самих подшипников, смазки, шейки, корпуса буксы, сопряженных с осью элементов колес, при этом часть тепла рассеивается через поверхность буксового узла и колесной пары в окружающую среду.

Наиболее высокую температуру имеют ролики и сепараторы, затем (в порядке убывания) внутренние и наружные кольца, корпус буксы и ступица колеса. Разность температуры роликов и наружного кольца в эксплуатации составляет 25–40 °С, но может достигать 70 °С.

Различный эксплуатационный нагрев элементов подшипников вызывает температурные деформации, которые, уменьшая рабочие зазоры, могут привести к защемлению (заклиниванию) роликов между кольцами и разрушению буксового узла. Поэтому температура буксового узла является важнейшим критерием, характеризующим техническое состояние подшипников. Причиной повышенного нагрева букс может быть излишнее количество в них смазки, что чаще всего происходит после ревизии букс. Излишняя смазка выдавливается через лабиринтные уплотнения и после пробега вагоном на расстояния 500–600 км интенсивность снижается. Наиболее интенсивный нагрев букс наблюдается при недостаточном радиальном и особенно осевом зазорах в подшипнике.

Основными неисправностями буксовых узлов с роликовыми подшипниками являются: разрыв внутреннего кольца, ступенчатые сколы борта внутреннего кольца, ослабление посадки внутреннего кольца, ослабление торцевого крепления, контактно-усталостное повреждение ролика подшипника, обводнение смазки ЛЗ ЦНИИ.

Установлено, что процесс окончательного разрушения подшипника стремительно ускоряется в том случае, если в буксе прекращается процесс качения и возникает сухое трение скольжения (например, роликов по дорожке качения внутреннего кольца, внутреннего кольца по шейке оси).

При провороте внутреннего кольца подшипника происходит ступенчатый износ шейки, который может привести к ее излому.

Известно, что если *разрушение подшипника происходит в самом начале эксплуатации*, то обычно причинами этого могут быть низкое качество его изготовления или нарушение технологии монтажа.

При плановых видах ремонтов колесных пар согласно «Руководящему документу по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колес 1520 (1524) мм. РД ВНИИЖТ 27.05.01-2017» допускается применять два способа демонтажа (монтажа) внутренних колец буксовых подшипников:

- 1) при помощи прессового оборудования (основной);
- 2) при отсутствии или неисправности прессового оборудования – демонтаж внутренних колец с использованием индукционных нагревателей.

Недостатками данных методов являются:

– в первом случае – возможные повреждения поверхности шейки оси колесной пары при демонтаже/монтаже внутренних колец буксовых подшипников, что приводит к дорогостоящему ремонту колесной пары;

– во втором – большие энергозатраты, повышение времени на ремонт колесных пар за счет остывания детали (требуются дополнительные затраты, оборот колесных пар).

Для решения данной проблемы предлагаем внедрить приспособление для демонтажа внутренних колец буксовых подшипников (рисунок 1).

Устройство содержит: основной корпус рабочего гидроцилиндра с кольцевыми уплотнениями, полый поршень-шток закрепляемый на шейке оси с помощью съемной резьбовой части; вспомогательный корпус рабочего гидроцилиндра с фрикционными зажимами, уплотнительную конусную втулку, закрепляемую толстостенным кольцом с односторонней резьбовой частью, внутренней двухсторонней конусностью и каналом для подвода рабочей жидкости в зону сопряжения внутренних колец подшипников (заднего и переднего) с шейкой оси колесной пары; свободно устанавливаемую конусную втулку, которая закрепляется внутри кольца прижатием основного корпуса рабочего гидроцилиндра при помощи болтов скрепления на прокладке; тонкостенный стакан силовой части с фланцем, винтом и антифрикционной опорой, а также стяжные элементы для скрепления между собой гидравлической и механической частей устройства.

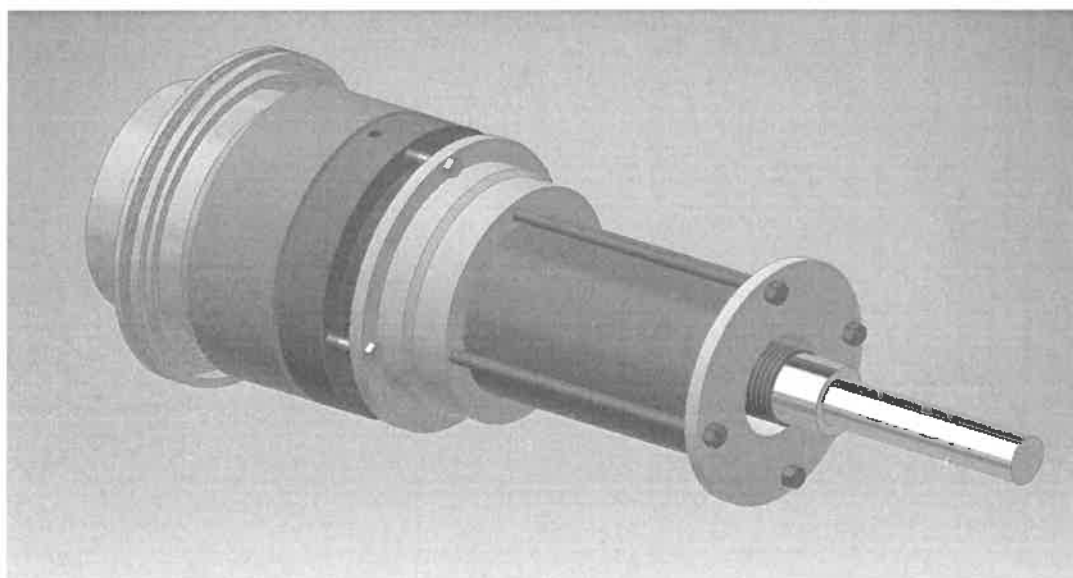


Рисунок 1 – Устройство для демонтажа внутренних колец буксовых подшипников

Принцип работы устройства заключается в следующем: на заднее внутреннее кольцо буксового подшипника устанавливают вспомогательный корпус рабочего гидроцилиндра с втулкой и закрепляют зажимы. Затем заворачивают толстостенное кольцо и затягивают по конусу втулку на поверхности кольца. Заводят втулку со свободного торца в кольцо. На торец шейки оси закрепляют сменную резьбовую часть, на которую наворачивают поршень-шток с уплотнительной прокладкой на торце. Сдвигают основной корпус рабочего гидроцилиндра с уплотнительной прокладкой по поршню-штоку до упора в торец втулки и затягивают по конусной поверхности кольца с помощью болтов скрепления.

Собранная таким образом гидравлическая часть устройства, соединенная с механической частью при помощи стяжных элементов, подготовлена к выполнению маслосъема одновременно двух внутренних колец буксовых подшипников с шейки оси колесной пары. Демонтаж выполняется при подаче рабочей жидкости насосной станцией с ручным приводом типа НРГ-7010 через канал во внутреннюю изолированную полость. После создания расклинивающей масляной прослойки в зоне контакта колец с шейкой оси вращением силового винта осуществляется аксиальное перемещение демонтируемых двух колец с шейки оси на поршень-шток. Снижают давление рабочей жидкости, разбирают устройство и удаляют демонтированные внутренние кольца заднего и переднего подшипников.

При использовании данного устройства не возникают повреждения шейки оси колесной пары (задиры). Снижаются энергозатраты, т. к. данное устройство не требует электропотребления, повышается качество ремонта (шейка оси колесной пары не повреждается за счет создаваемой масляной прослойки в зоне возникновения дефекта).

Предлагаемое устройство для распрессовки внутренних колец буксовых подшипников является ресурсосберегающим, направлено на экономию сырья, материалов и комплектующих. Повышает качество ремонта грузовых вагонов, что обеспечивает безопасность движения железнодорожного транспорта.

УДК 629.4.027.5

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ ПРОФИЛЯ ПРОДОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЯ С НАТЯГОМ КОЛЕСА С ОСЬЮ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ

Р. И. ЧЕРНИН, Г. Е. БРИЛЬКОВ, О. В. ПУТЯТО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Колесная пара является одним из наиболее ответственных узлов железнодорожного подвижного состава. Обеспечение требуемой прочности соединений с гарантированным натягом деталей колесной пары напрямую связана с безопасностью движения. Соединения с натягом колес и внутренних колец буксовых подшипников подвергаются воздействию комплекса силовых факторов и могут работать на осевой сдвиг, проворачивание или испытывать комбинированную нагрузку. Недостаточная прочность соединений может привести к относительному сдвигу элементов и вызвать катастрофические последствия [1].

Проведенные ранее исследования [2] показали, что прочность соединения с натягом существенно зависит не только от величины натяга, но и от коэффициента трения в сопряжении, управление значением которого возможно обеспечить нормативными требованиями в части установленных значений конечных усилий запрессовок сопрягаемых элементов. В то же время следует отметить, что влияние величин предельных отклонений размеров сопрягаемых поверхностей, в особенности элементов колесных пар железнодорожного подвижного состава, исследовано не достаточно. Это можно объяснить тем, что специальное проведение таких исследований требует механической обработки деталей с прецизионной точностью. Таким образом, наряду с необходимостью при изготовлении и ремонте колесных пар осуществлять мероприятия технологического характера по улучшению формирования и расформирования их узлов и по совершенствованию контроля требуемой величины натяга, актуальной является задача превентивной оценки прочности соединений элементов колесной пары.

В соответствии с нормативной документацией [3] при формировании соединения «колесо (колесный центр) – ось» локомотива значение фактического натяга должно находиться в пределах $(0,0009-0,0015)d$, где d – диаметр подступичной части оси, причем значение конечного усилия запрессовки должно быть для колеса цельнокатаного в диапазоне 441–636 кН на каждые 100 мм диаметра посадочной поверхности, а для колесного центра – 392–588 кН. Для аналогичного соединения вагонной колесной пары в соответствии с стандартом предприятия [1] значение фактического натяга должно находиться в пределах от 0,1 до 0,25 мм, причем значение конечного усилия запрессовки, учитывая номинальный диаметр подступичной части, равный 194 мм, должно быть: от 826,7 кН до 1115 кН (при значении шероховатости поверхности ступицы колеса $Rz \leq 20$ мкм); от 749,89 кН до 1115 кН (при значении шероховатости поверхности ступицы колеса $20 \text{ мкм} < Rz \leq 30 \text{ мкм}$).

Расчет статической прочности цилиндрического прессового соединения выполняется, как правило, по формулам, основанным на решении плоской осесимметричной задачи теории упругости (задача Ляме – Гадолина). Несмотря на очевидность прямо пропорциональной зависимости прочности продольно-прессового соединения с натягом от площади контактирования, часто имеют место несоответствия с практическими результатами. В таком случае несоответствия устраняют за счет коэффициента трения, величина которого должна аккумулировать все неучтенные параметры. Отдельные факторы, влияющие на прочность соединения с натягом, исследованы достаточно детально. Так, известно, что наибольшее влияние на прочность такого соединения оказывает величина натяга, а также материал и характеристики поверхностного слоя сопрягаемых деталей; микро- и макрогеометрия посадочных поверхностей; наличие промежуточных сред (смазка, клеевые прослойки).

Рассмотрим в качестве примера влияние отклонений от профиля продольного сечения поверхностей узла соединения колеса с подступичной частью оси вагонной колесной пары. В соответствии с ГОСТ 33200–2014 отклонение от профиля продольного сечения подступичной части оси колесной пары вагона составляет не более 0,05 мм; размер поля допуска диаметра отверстия ступицы колеса по ГОСТ 10791–2011 – 4 мм.

Моделирование прочности соединений с гарантированным натягом элементов колесной пары вагона выполнено методом конечных элементов. С учетом симметрии конструкции задача решалась в осесимметричной постановке. Для этого разработана геометрическая модель сопряжения ступицы колеса с подступичной частью оси. Для сокращения объемов расчетов, учитывая отсутствие необходимости определения напряженно-деформированного состояния оси в целом, а также руководствуясь принципом Сен-Венана, модели представляют собой части колесной пары, включающие исследуемые объекты. В месте сопряжения колец и колеса с осью решалась контактная задача.

Оценка прочности соединения при различных формах отклонения от профиля продольного сечения сопрягаемых поверхностей выполнена по значению усилия сдвига колеса относительно оси, которое определялось путем моделирования процесса распрессовки элементов. Отметим, что в процессе разработки компьютерной модели достаточно проблемным оказался вопрос назначения коэффициента трения в зоне сопряжения при создании контактных пар, который оказывает существенное влияние на значение усилия сдвига напрессованных элементов. В классической теории контактирования тел полагается, что сила трения пропорциональна силе контактного давления. Величина погрешностей геометрии на порядок превосходит величину шероховатости контактирующих поверхностей и удельное давление на различных участках будет переменным. Поскольку элементы колесной пары вагона имеют достаточно высокую жесткость, нагрузка преимущественно будет приходиться на «выступы» погрешности геометрии, а на «впадинах» поверхности могут не соприкасаться вовсе. В связи с этим коэффициент трения на «впадинах» будет иметь меньшее значение. При моделировании коэффициент трения представлен двухкомпонентной линейной моделью [3], в которой первая компонента определяется величиной коэффициента трения в условиях постоянного нормального давления для данной контактной пары, а вторая зависит от изменения нормального давления в каждой точке контакта при наличии погрешности геометрии формы.

На рисунке 1 приведена сравнительная диаграмма результатов расчетов усилий сдвига колеса относительно оси для натяга 0,175 мм при различных формах отклонения от профиля продольного сечения сопрягаемых поверхностей.

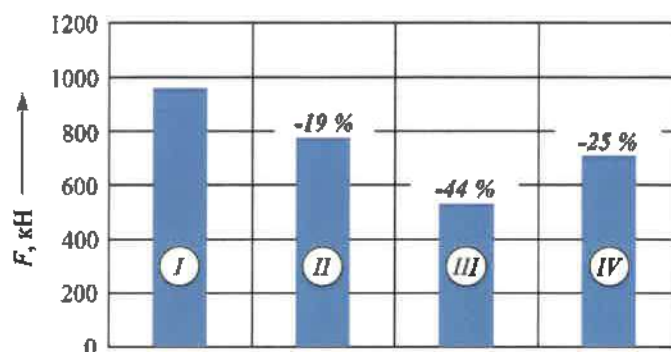


Рисунок 1 – Сравнительная диаграмма усилий сдвига колеса относительно оси:
I – нет отклонений; II – конусообразность; III – седлообразность; IV – бочкообразность

Установлено, что наибольшее влияние на прочность соединения с натягом рассматриваемого узла оказывает отклонение от профиля продольного сечения в виде седлообразности.

Список литературы

- 1 Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524 мм). – Введ. 01.01.2013. – М. : ВНИИЖТ, – 276 с.
- 2 Оценка прочности соединений элементов колесных пар с гарантированным натягом / И. Л. Чернин [и др.] // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – № 10(10). – С. 197–204.
- 3 СТП БЧ 17.310–2015. Тяговый подвижной состав железных дорог колеи 1520 мм. Порядок формирования, ремонта и содержания колесных пар. – Минск : Белорусская железная дорога, 2015. – 114 с.
- 4 Куприянов, А. В. Прочность соединения с натягом при наличии погрешности геометрии формы / А. В. Куприянов // Вестник ХНТУ. – 2015. – № 3(54). – С. 145–150.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА «ШТАДЛЕР»

С. Н. ШАТИЛО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Обеспечение пожарной безопасности в настоящее время остается актуальной задачей, т. к., несмотря на принимаемые меры, растут материальные потери от пожаров и число жертв. Особенно опасны пожары на объектах, связанных с обслуживанием и перевозкой пассажиров, в частности, на железнодорожном подвижном составе. Пожар на подвижном составе представляет собой особую опасность, т. к. при его движении увеличиваются скорости воздушных потоков в вагонах, что способствует быстрому распространению пожара. Поэтому уже на стадии проектирования железнодорожного подвижного состава в соответствии с требованиями Технического регламента ТР ТС 001/2011 принимаются конкретные конструктивные и организационные меры по предотвращению возгораний, распространения огня, обеспечению быстрой и безопасной эвакуации пассажиров, локализации и тушению пожара. Одной из основных причин пожаров в пассажирских поездах являются нарушения при строительстве подвижного состава и его эксплуатации, связанные с действующими правилами подбора, применения, а также монтажа и прокладки электрических кабелей и проводов. При этом возможно нарушение и снижение сопротивления изоляции электрических цепей потребителей и систем электроснабжения. Значительное количество пожаров в подвижном составе железнодорожного транспорта возникает из-за неисправностей электрооборудования, в том числе из-за аварийных режимов в кабельных сетях и электропроводке. Поэтому в обеспечении пожарной безопасности железнодорожного подвижного состава особая роль отводится выбору, монтажу и прокладке электрических кабелей и проводов. Это связано не только с тем, что они составляют значительную долю пожарной нагрузки в современном подвижном составе, но и с тем, что по ним огонь может распространяться по подвижному составу. Пожарная безопасность электрических кабелей и процесс горения во многом зависят от материала изоляции, защитных оболочек и их массы. Необходимо иметь в виду, что при горении полимерных материалов, из которых изготавливается изоляция могут образовываться токсичные вещества. Кроме того, в случае возникновения пожара в подвижном составе системы пожарной автоматики и противопожарной защиты должны быть надежными и устойчивыми к воздействию опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для обеспечения безопасной эвакуации пассажиров и локомотивных бригад и тушения пожара. При этом низковольтные кабели и линии электроснабжения систем пожарной сигнализации, оповещения, управления эвакуацией при пожаре, автоматического пожаротушения могут находиться в зоне горения. Поэтому нормативные требования к таким электрическим кабелям и проводам являются более высокими по сравнению с кабелями и проводами, предназначенными для других целей.

Анализ и оценка пожарной безопасности электрических кабелей и проводов электропоездов «Штадлер» выполнялись в соответствии с требованиями ГОСТ 34394–2018 «Локомотивы и моторвагонный подвижной состав. Требования пожарной безопасности», который определяет требования к электрическим проводам и кабелям. При этом применяемые на подвижном составе кабельные изделия должны соответствовать по классу пожарной опасности требованиям ГОСТ 31565–2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности». В свою очередь класс пожарной опасности электрических кабелей определяется по показателям пожарной опасности. К ним относятся:

- предел распространения горения кабельных изделий при одиночной и групповой прокладке (ПРГО и ПРГП соответственно);
- предел огнестойкости кабельных изделий в условиях воздействия открытого пламени (ПО);
- показатель коррозионной активности продуктов дымогазовыделения из полимеров (ПКА);
- эквивалентный показатель токсичности продуктов горения кабельных изделий (ПТПМ);
- показатель дымообразования при горении и тлении кабельных изделий (ПД).

Показатель ПРГО и ПРГП является одним из основных. Показатель ПО определяется по времени, в течение которого кабель сохраняет свою работоспособность в условиях воздействия пламени, что является одним из важнейших требований для железнодорожного подвижного состава. Показа-

тель коррозионной активности определяется по содержанию газов, галогенных кислот HCL, мг/г, проводимости водного раствора с адсорбированными продуктами дымогазовыделения и показателю pH. Эквивалентный показатель токсичности продуктов горения полимерных материалов изоляции и оболочки кабелей определяется отношением количества этих материалов в граммах к единице объема замкнутого пространства, в котором продукты горения вызывают гибель 50 % подопытных животных при времени экспозиции 0,5 часа, т. е. фактически это и будет соответствовать классу опасности данного вещества. Наиболее жесткие требования предъявляются к кабелям, не распространяющим горения серий «нг – LS», а также к огнестойким кабелям FR. К преимуществам огнестойких кабелей относится то, что они не поддерживают и не распространяют горение, т. е. имеют свойство самозатухания процесса горения. Современные огнестойкие кабели не выделяют галогенов и коррозионных газов. Они сохраняют работоспособность при воздействии открытого пламени в течение 180 минут в условиях интенсивных механических воздействий, что характерно для железнодорожного подвижного состава. Оболочка современных огнестойких кабелей выполняется из пластиков пониженной пожароопасности или полимерных композиций, не содержащих галогенов. Класс пожарной опасности электрических кабелей имеет соответствующее обозначение (буквенное и цифровое). Они определяют наименование конкретного показателя пожарной опасности и его значения. В обозначении класса пожарной опасности показатели приводятся в следующей последовательности: ПРГО или ПРГП, ПО, ПКА, ПТПМ, ПД. Так, для класса пожарной опасности П16.7.1.2.1 по ГОСТ 31565–2012 показатели пожарной опасности соответственно составляют: ПРГП – для П16 – длина обугленной части не более 2,5 метра; ПО – 7 – не менее 30 минут; ПКА – 1 – содержание газов не более 5,0 мг/г, а показатель pH – не менее 4,3; ПТПМ – 2 – от 40 до 120 г/м³; ПД – 1 – снижение светопрозрачности до 40 %. В процессе анализа учитывалась область применения электрических кабелей и проводов в подвижном составе. При этом области применения были разделены на три группы: 1-я группа включает аварийное освещение в подвижном составе, пожарную сигнализацию и систему пожаротушения, средства оповещения о пожаре и внутрисоездную связь; 2-я группа включает основное освещение и другие электрические цепи проложенные в кабине машиниста и пассажирских салонах, которые должны отключаться при аварийных ситуациях; 3-я группа включает электрические цепи, проложенные вне кабины машиниста и пассажирских салонов. При этом учитывалось, что высоковольтные провода цепей с напряжением свыше 1000 В должны быть проложены в электроподвижном составе отдельно от низковольтных. Особое внимание было уделено контрольно-сигнальным цепям, цепям управления, а также питания и соединения пожарных извещателей. В местах прохождения кабельных каналов и проводов через конструкции подвижного состава с нормируемыми пределами огнестойкости (в данном случае пределы огнестойкости противопожарных перегородок между кабиной машиниста и пассажирским салоном) предусмотрены специальные кабельные проходки с соответствующим пределом огнестойкости для данных конструкций. Электрические кабели и провода в данном подвижном составе размещаются преимущественно в составе жгутов, в кондуктах, а отдельные провода – в защитных оболочках. Предусмотрен фиксированный монтаж жгутов и одиночных проводов со спорадическими, ограниченными перемещениями. При этом для предупреждения повреждения кабелей и проводов установлены соответствующие радиусы изгиба, зависящие от диаметра. При выборе марок электрических кабелей для железнодорожного подвижного состава показатели должны определяться с учетом способа прокладки и монтажа в подвижном составе. При этом область применения кабелей с учетом класса пожарной опасности и требования к электрическим кабелям определяется по ГОСТ 31565–2012 и ГОСТ 34394–2018. Для аварийного освещения пожарной сигнализации и пожаротушения, средств оповещения о пожаре, внутрисоездной связи, которые должны сохранять работоспособность в условиях пожара, класс пожарной опасности должен быть не ниже П16.7.1.2.1 и П16.7.2.2.2, для основного освещения и других электрических цепей, проложенных в кабине машиниста и пассажирских салонах, которые отключаются при аварийных ситуациях, класс пожарной опасности должен быть не ниже П16.8.1.2.1 и П16.8.2.2.2; для электрических цепей, проложенных вне кабины машиниста и пассажирских салонов, класс пожарной опасности должен быть не ниже О1.8.2.5.4 и П16.8.2.5.4.

Анализ пожарной безопасности электрических кабелей осуществлялся с учетом применения на подвижном составе. Применяемые в электропоездах «Штадлер» электрические кабели предназначены для рельсового транспорта, не распространяют горение, изоляция и оболочки выполнены из безгалогенных композиций на основе сшитых материалов RADOX и соответствуют нормативным требованиям по всем показателям, определяющим соответствующий класс пожарной опасности, которые описаны выше.

**ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРЕЧНЯ ТРЕБОВАНИЙ К КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ,
ПРИМЕНЯЕМОЙ НА ЭЛЕКТРОПОЕЗДАХ, ПОДЛЕЖАЩИХ СЕРТИФИКАЦИИ**

С. Н. ШАТИЛО, В. С. ЗАЙЧИК, А. А. КЕБИКОВ, Е. В. ШКРАБОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В соответствии с ТР ТС 001/2011 «О безопасности железнодорожного подвижного состава» электропоезда подлежат подтверждению соответствия в форме сертификации. При этом проверяется соответствие подпункту «п» пункта 5 статьи 4 указанного технического регламента, который устанавливает обязательность выполнения требований пожарной безопасности.

При установлении соответствия следует учитывать, что пожарная безопасность электропоезда во многом определяется пожарной безопасностью электропроводок и кабелей. Это связано не только с тем, что они составляют значительную долю пожарной нагрузки в современном подвижном составе, но и с тем, что по ним огонь может распространяться по подвижному составу. Сама пожарная безопасность электрических кабелей и процесс горения во многом зависят от материала изоляции, защитных оболочек и их массы.

В настоящее время требования к кабельной продукции определяются следующими техническими нормативными правовыми актами: ГОСТ Р 55434–2013 «Электропоезда. Общие технические требования» и ГОСТ 34394–2018 «Локомотивы и моторвагонный подвижной состав. Требования пожарной безопасности». При этом применяемые на подвижном составе кабельные изделия должны соответствовать по классу пожарной опасности требованиям ГОСТ 31565–2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности». В свою очередь класс пожарной опасности электрических кабелей определяется по показателям пожарной опасности. К таким показателям относятся: предел распространения горения кабельных изделий при одиночной и групповой прокладке (ПРГО и ПРГП соответственно); предел огнестойкости кабельных изделий в условиях воздействия открытого пламени (ПО); показатель коррозионной активности продуктов дымогазовыделения из полимерных материалов (ПКА); эквивалентный показатель токсичности продуктов горения кабельных изделий (ПТПМ); показатель дымообразования при горении и тлении кабельных изделий (ПД).

Показатель ПРГО и ПРГП является одним из основных. Показатель ПО определяется по времени, в течение которого кабель сохраняет свою работоспособность в условиях воздействия пламени. Так, при классификационном обозначении данного показателя «1» это время составит 180 минут, а при «7» – 30 минут. Наиболее жесткие требования предъявляются к кабелям, не распространяющим горения серий «нг – LS», а также к огнестойким кабелям FR. К преимуществам огнестойких кабелей относится то, что они не поддерживают и не распространяют горения, т. е. имеют свойство самозатухания процесса горения. Современные огнестойкие кабели не выделяют галогенов и коррозионных газов. Они сохраняют работоспособность при воздействии открытого пламени в течение 180 минут в условиях интенсивных механических воздействий, что характерно для железнодорожного подвижного состава. Оболочка современных огнестойких кабелей, как правило, выполняется из пластиков пониженной пожароопасности или полимерных композиций, не содержащих галогенов.

Класс пожарной опасности электрических кабелей имеет соответствующее обозначение (буквенное и цифровое). Они определяют наименование конкретного показателя пожарной опасности и его значения. В обозначении класса пожарной опасности показатели приводятся в следующей последовательности: ПРГО или ПРГП, ПО, ПКА, ПТПМ, ПД. Так, для класса пожарной опасности П1б.7.1.2.1 по ГОСТ 31565 показатели пожарной опасности соответственно составляют: ПРГП – для П1б – длина обутленной части не более 2,5 метра; ПО – 7 – не менее 30 минут; ПКА – 1 – содержание газов не более 5,0 мг/г, а показатель рН – не менее 4,3; ПТПМ – 2 – от 40 до 120 г/м³; ПД – 1 – снижение светопрозрачности до 40 %.

При выборе марок электрических кабелей для железнодорожного подвижного состава показатели должны определяться с учетом способа прокладки и монтажа в подвижном составе. При этом область применения кабелей с учетом класса пожарной опасности определяется по таблице 2 ГОСТ 31565, а по таблице 3 ГОСТ 34394 определяют требования к электрическим кабелям. Для аварийного освещения пожарной сигнализации и пожаротушения, средств оповещения о пожаре,

внутри поездной связи, которые должны сохранять работоспособность в условиях пожара, класс пожарной опасности должен быть не ниже П16.7.1.2.1 и П16.7.2.2.2; для основного освещения и других электрических цепей, проложенных в кабине машиниста и пассажирских салонах, которые отключаются при аварийных ситуациях, класс пожарной опасности должен быть не ниже П16.8.1.2.1 и П16.8.2.2.2; для электрических цепей, проложенных вне кабины машиниста и пассажирских салонов, класс пожарной опасности должен быть не ниже О1.8.2.5.4 и П16.8.2.5.4.

Методы испытания и применяемое оборудование при проведении испытаний показателей пожарной опасности должны соответствовать требованиям ГОСТ 33326–2015 «Кабели и провода для подвижного состава железнодорожного транспорта. Общие технические условия» и ГОСТ 26445–85 «Провода силовые изолированные. Общие технические условия»: показатель нераспространения горения – для категории А; показатель дымообразования при горении и тлении кабельных изделий – по ГОСТ IEC 61034-2–2011 «Измерение плотности дыма при горении кабелей в заданных условиях. Часть 2. Метод испытания и требования к нему»; коррозионная активность продуктов дымогазовыделения при горении и тлении полимерных материалов кабельных изделий – по ГОСТ IEC 60754-1–2015 «Испытания материалов конструкции кабелей при горении. Часть 1. Определение количества выделяемых газов галогенных кислот» и ГОСТ IEC 60754-2–2015 «Испытания материалов конструкции кабелей при горении. Часть 2. Определение степени кислотности выделяемости газов измерением pH и удельной проводимости»; токсичность продуктов горения – по ГОСТ 12.1.044–2018 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения». При оценке коррозионной активности в процессе испытаний определяется также количество выделяемых газов галогенных кислот по ГОСТ IEC 60754-1 и степень кислотности выделяемых газов измерением pH и удельной проводимости по ГОСТ IEC 60754-2. При оценке показателя дымообразования определяется плотность дыма при горении кабелей в заданных условиях по светопропускаемости по ГОСТ IEC 61034-2.

Таким образом, при наличии материалов, которые доказывают соответствие кабельной продукции вышеуказанным требованиям, можно делать вывод о соответствии электропоездов подпункту «п» пункта 5 статьи 4 ТР ТС 001/2011 в части применяемой кабельной продукции.

UDC 621.331:621.311

VERIFICATION OF TRACTION POWER SUPPLY SYSTEM ON THE ROUTE WARSAW – GDANSK

V. KUZNETSOV, A. ROJEK, M. KANIEWSKI
Railway Research Institute (Warsaw, Poland)

Reliable and efficient transport is and will be at the center of technical policy. Considering the fact that a significant part of the fuel and energy resources is consumed by the transport complex, the energy security of the state depends on its efficiency. In Poland, transport is developing steadily on the basis of intermodal approach. As a part of this process it's planned to build a Central Communication Port (CPK) (Solidarity Transport Hub, STH), an interchange between Warsaw and Łódź, integrating air, rail and road transport. The CPK will also include railway investments: a hub in the immediate vicinity of the airport and connections within the country that will allow travel between Warsaw and the largest Polish cities in no more than 2,5 hours. Airport City is also to be built in the CPK area, which will include trade fair, congress and conference facilities [1].

The railway part of the CPK Program, which is divided into stages for implementation by 2040, is a web of new lines leading from 10 directions to CPK and Warsaw. As a result, its arrival by train to the central airport is to take no more than 2 hours. The network will cover the largest cities in the country (except Szczecin, which we can reach comfortably by rail within 3 hours 15 minutes due to the distance). Easy access to the CPK will also cover the border areas of the Czech Republic, Slovakia, Ukraine, Belarus, Lithuania and the Kaliningrad Region [2, 11].

Among these works, an important part is the admission of railway lines for high-speed traffic. Currently Railway Research Institute is evaluating the possibility to begin the operation of trains at a speed of 200 km/h on line no. 9 Warsaw – Gdansk. This report presents methodological approaches to this issue.

The railway line no. 9 is part of the E65 line belonging to the 6th Pan-European Transport Corridor, connecting the Baltic regions with areas on the Adriatic Sea and the Balkans. The E-65 line, running through Gdynia, Warsaw, Katowice, the Wisla Bridge and Zebrydowice, is over 720 km long. The railway line no. 9 has a length of 323 333 km, and connects the Warszawa Wschodnia station with the «Gdańsk Główny» station. The entire line has been electrified since 1985. Formally, on the Warsaw – Gdynia route prior to modernization, the speed was 120 km/h, but on many sections train speed limits were introduced due to the geometry of the route and the condition of the track. The modernization of the Warsaw – Gdansk line has been divided into several projects [3]. Figure 1 shows the railway line nr 9 Warszawa – Gdansk.

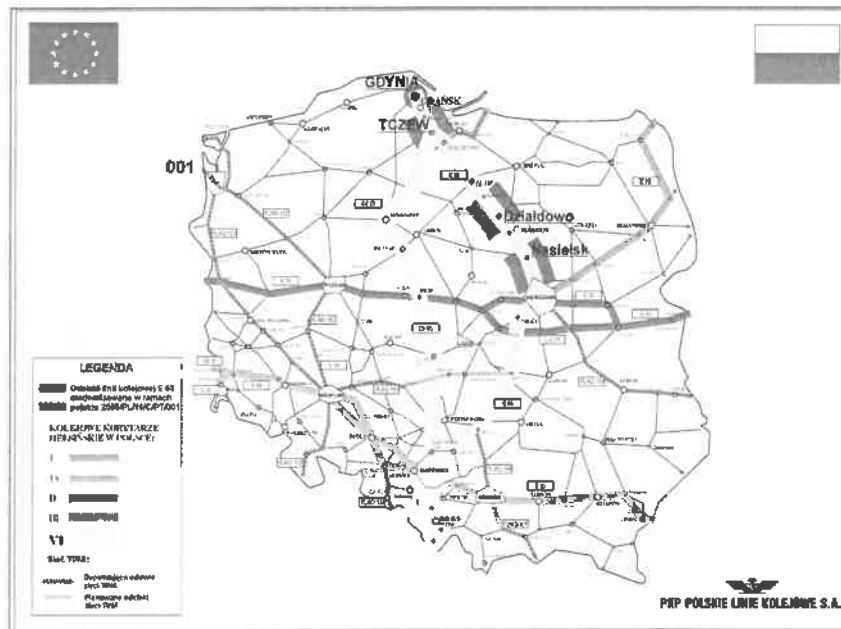


Figure 1 – The railway line no. 9 Warszawa – Gdansk

The assumptions for the modernization of the E65 railway line on the Warszawa Wschodnia – Gdynia section provided for achieving speeds of up to 160 km/h for conventional rolling stock and 200 km/h for rolling stock with tilting body on some sections of the line. Based on these assumptions and based on the Feasibility Study, construction projects were developed and comprehensive modernization of the E65 railway line started. The construction documentation constituting the basis of this modernization took into account the maximum speed up to 160 km/h for classic rolling stock. In addition, on sections planned in the study for speeds greater than 160 km/h, the process of liquidation of intersections at the rail level was initiated, which is a necessary condition for a possible increase in speed to 200 km/h.

The authors verified the types of traction lines on sections where it is planned to increase the speed above 160 km/h, the gauge (horizontal and vertical), traction line maintenance plan. The existing maintenance plan was analyzed for compliance with the current normative document Iet-2 "Traction line maintenance instructions" and Iet-107 "Design guidelines and conditions for the acceptance of overhead contact lines" taking into account the standards and requirements for interoperable lines, in particular local wire wear; contact wire suspension height; difference in contact wire suspension height between adjacent suspensions; maximum inclination of the contact wire relative to the track plane; use of electrically conductive hangers, contact line switches. A simulation to assess the power efficiency of the traction power supply system in connection with increasing the maximum speed on the railway line to 200 km/h was made based on the requirements specified in the standard EN 50388: 2012.

On the basis of analyzes and calculations of the operation of the traction power supply was assessed the efficiency and quality of power supplies – minimum allowable time between trains, maximum train current consumed by the train, timetable and planned maintenance activities, mean useful voltage. After determining the above conditions were identified 'bottlenecks' – places that do not meet the requirements set out in documents (e. g. TSI Energy) – and determined the necessary actions to eliminate them.

References

- 1 O inwestycji, Centralny Port Komunikacyjny [Electronic resource]. – Mode of access : <https://cpk.pl/pl/inwestycja-09-19>. – Date of access : 17.07.2019 (pl.).
- 2 10 szprych do lotniska. Program Kolejowy CPK, Centralny Port Komunikacyjny. [Electronic resource]. – Date of access : 19.09.2019. <https://cpk.pl/pl/aktualnosci/10-szprych-do-lotniska-program-kolejowy-cpk> Date of access : 17.07.2019 (pl.).
- 3 Modernizacja linii kolejowej nr 9 (E65) Warszawa – Ilawa – Malbork – Gdańsk [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.siskom.waw.pl/kp-kolej-warszawa>. – Date of access : 19.09.2019.
- 4 Submitted technical documentation in paper form (Detailed designs, maintenance documentation, inspection reports, acceptance documentation) (pl.).
- 5 Notes of the PKP PLK team on increasing the speed to 200 km/h on selected sections of railway line no. 9 (pl.).
- 6 Speed profiles. Railway line no. 9 Warsaw Osobowa – Gdansk. Main section Warszawa Wschodnia – Border LGS Dziadowo / Ilawa (as of 06.07.2015) (pl.).
- 7 Certificates no. B / 2009/0216 Admission to operation of the type of building intended for railway traffic (pl.).
- 8 Certificates no. B / 2003/0025 admission to operation of the type of building intended for railway traffic (pl.).
- 9 Traction line maintenance instructions. let 2. – Warsaw, 2014 (pl.).
- 10 Design guidelines and conditions for the acceptance of overhead contact lines, including standards and requirements for interoperable lines. let-107. The consolidated text, including changes introduced by Resolution no. 565/2018 of the PKP PLK S.A. Management Board on July 16, 2018 (pl.).
- 11 The Central Polish Airport in the Rail Transport System. A. Pomykala. Railway Report. – Is. 179, 201i. – Warsaw : Railway Research Institute, 2018. – P. 89–97.

3 НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНИКИ И СВЯЗИ

УДК 625+681.518.5

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ТЕХНИЧЕСКОМУ ДИАГНОСТИРОВАНИЮ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

Р. Б. АБДУЛЛАЕВ

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,
Российская Федерация*

С внедрением высокоскоростного движения между Ташкентом и Самаркандом в 2011 году были осуществлены большие мероприятия по модернизации эксплуатируемой инфраструктуры железнодорожного транспорта. В частности, была произведена частичная укладка нового железнодорожного полотна на некоторых участках под условия высокоскоростного движения, построены электрифицированные двухпутные линии Янгйер – Даштобод протяженностью 34 км и Даштобод – Джизак протяженностью 29 км, по путям сквозного пропуска станций высокоскоростных участков были установлены стрелочные переводы с непрерывной поверхностью катания, была произведена модернизация контактной подвески, закуплены высокоскоростные электропоезда марки Talgo-250 (Испания), проложены волоконно-оптические линии связи, реконструированы существующие и построены новые железнодорожные вокзалы с современным сервисом [1–3]. С увеличением дальности курсирования высокоскоростных поездов до городов Карши, Шахрисабз и Бухара [4] подобные работы были произведены и на участках железнодорожных линий до станций указанных городов, а также закуплены дополнительные поезда вышеприведенной модификации.

Дальнейшее развитие высокоскоростного движения в стране предусматривает увеличение дальности следования высокоскоростных поездов до городов Ургенч (Хива) и Нукус с реконструкцией и электрификацией существующей железнодорожной магистрали и соответствующей инфраструктуры [5].

Безопасность перевозочного процесса на железных дорогах обеспечивается устройствами железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) [6]. Участки железных дорог Узбекистана оснащены устройствами ЖАТ, построенными в основном на релейной основе, и на состояние 2019 года всего лишь 42 станции (около 17 %) оборудованы устройствами микропроцессорной централизации [7]. Большинство современных систем на основе микропроцессорной техники обладают средствами встроенного технического диагностирования и непрерывного мониторинга устройств железнодорожной автоматики, что позволяет получать непрерывную диагностическую информацию о состоянии устройств ЖАТ, тем самым предотвращая предотказное и отказное состояние устройств или системы в целом. Это является современным и более эффективным подходом по обслуживанию и поддержанию технического состояния устройств ЖАТ по сравнению с традиционным. Применение подобных интегрированных подсистем в системах управления при высокоскоростном движении необходимо, т. к. любая неисправность в устройствах автоматики может привести к нештатным ситуациям, что может спровоцировать задержки и простои поездов, даже высокоскоростных.

Системы ЖАТ на релейной основе проектировались и внедрялись на участках железных дорог, начиная со второй половины прошлого столетия и с учетом скоростей движения до 160 км/ч, а также без каких-либо средств автоматизированного и автоматического технического диагностирования состояния устройств [8]. Определение технического состояния и измерение параметрических величин отдельных элементов или устройств при подобных системах и в настоящее время производится посредством ручного труда обслуживающего персонала по специальному графику технологического осмотра. В этом случае не исключаются воздействие таких явлений на качество проведения технологического осмотра, как человеческий фактор, навык и опыт работы сотрудников обслуживающих организаций,

неисправность измерительных устройств, погодные условия и т. д. Также железнодорожный транспорт – зона повышенной опасности для людей. Переход по путям станции во время технологического осмотра сотрудниками дистанции сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) осуществляется по специальной, заранее разработанной для соответствующей станции схеме. При проведении технического осмотра самих устройств около железнодорожных путей существуют определенные правила поведения обслуживающего персонала, направленные на предотвращение опасных случаев для жизни сотрудников. Но, несмотря на данные мероприятия, из-за невнимательности и нарушения правил охраны труда, все-таки происходят случаи наезда поездов, получение различной степени травм сотрудников дистанции СЦБ при выполнении должностных обязанностей.

Как было сказано выше, современные системы управления и регулирования движением, построенные на микропроцессорной базе, снабжаются подсистемами технического диагностирования напольных устройств автоматики. Для переоснащения участков железных дорог подобными системами требуются очень большие капиталовложения. Соответственно, на железных дорогах зарубежных стран существует практика внедрения подсистем мониторинга устройств железнодорожной автоматики «поверх» эксплуатируемых систем управления движением на релейной основе. Такой подход значительно сокращает расходы на переоборудование станций и перегонов современными системами железнодорожной автоматики и телемеханики. В этой связи сотрудниками научно-исследовательской лаборатории «СЦБ и связь» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта были проведены в 2016–2017 гг. хозяйственно-договорные работы по разработке систем непрерывного мониторинга устройств автоматики на базе маршрутно-релейной централизации, с последующей передачей и протоколированием диагностической информации [9]. При этом было создано автоматизированное рабочее место электромеханика СЦБ, посредством чего сотрудник может контролировать состояние технических устройств напольной автоматики и снимать параметрические величины отдельных элементов. Следовало бы отметить, что данная подсистема непрерывного мониторинга устройств автоматики была внедрена на станции Урта-Аул, расположенной на участке высокоскоростного движения вблизи Ташкента. При внедрении данной подсистемы мониторинга уже в существующую систему электрической централизации разработчики придерживались принципов невмешательства в схемные решения эксплуатируемой системы централизации, а только снятие диагностических данных. В итоге реализация такого подхода позволила получить обслуживающему персоналу непрерывную информацию и параметрические величины с устройств железнодорожной автоматики станции с одного места, протоколирование ошибочных действий дежурного по станции на пульте, улучшение условий труда сотрудников дистанции и т. д. До настоящего времени сбои и отказы в данной подсистеме технического диагностирования не наблюдались.

Внедрение подобных систем технического диагностирования и непрерывного мониторинга объектов напольной автоматики позволяет значительно уменьшить частоту проведения технологического осмотра напольных устройств автоматики, что благоприятствует снижению опасных случаев для жизни сотрудников дистанции СЦБ; позволяет заблаговременно определить причины возможных отказов и способствует принятию мер по их устранению, снижает влияние человеческого фактора на надежное функционирование устройств и улучшает культуру труда обслуживающего персонала.

Высокоскоростное железнодорожное движение – важный этап в развитии отрасли железнодорожного транспорта каждой развивающейся страны, и переход на данный этап должен сопровождаться внедрением интеллектуальных и ресурсосберегающих систем и методов управления и регулирования движением высокоскоростных поездов, а также новых подходов поддержания надежности эксплуатируемых устройств и систем ЖАТ.

Список литературы

- 1 Ведомственные технические указания инфраструктуры высокоскоростной железнодорожной линии Ташкент – Самарканд. Общие технические требования (ВСН 448–Н).
- 2 Концепция развития скоростного и высокоскоростного движения пассажирских поездов на железных дорогах Узбекистана / ОАО «Боштранслойиха». – Ташкент, 2010. – 89 с.
- 3 Раматов, А. Ж. «Ўзбекистон темир йўллари»: Акцент на качество / А. Ж. Раматов // Евразия Вести. – 2009. – № 11. – С. 6–11.
- 4 Специальные технические условия на проектирование инфраструктуры железнодорожной линии Мароканд – Карши и Мароканд – Бухара для организации высокоскоростного движения пассажирских поездов.
- 5 Постановление Президента Республики Узбекистан об утверждении Стратегии развития транспортной системы Республики Узбекистан до 2035 года. – Ташкент, 2019.
- 6 Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов EBI-LOCK 950 / Г. А. Казимов [и др.]; под ред. Г. Д. Казиева. – М. : «ТРАНСИЗДАТ», 2008. – 368 с.

7 Бизнес-план Акционерного Общества «Узбекистон Темир Йуллари» на 2019 год. – Ташкент, 2018.

8 Theeg, G. Railway Signalling & Interlocking / G. Theeg, S.Vlasenko ; DW Media Group GmbH | Eurailpress, Hamburg, 1st Edition, 2009. – 448 p.

9 Акты выполненных работ по х/д теме № 61. «Разработка технического и программного обеспечения системы контроля состояния станционных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики», Ташкент. – 2016–2017.

УДК 625.8

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ТЕРМИНАЛА КОНТРОЛЯ ДОКУМЕНТОВ ПОД ОПЕРАЦИОННУЮ СИСТЕМУ IOS

А. С. БАБАРИКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Во всем мире используется 4 миллиарда смартфонов. К 2020 году этот показатель может повыситься до 6 миллиардов. Гаджеты прочно вошли в повседневность современного человека и не собираются сдавать своих прежних высот. Смартфоны стали неотъемлемой частью в автоматизации процессов. От регистрации на рейс самолета до сканирования электронного билета по штрих-коду смартфоны помогают нам оптимизировать многие процессы, на которые уходило достаточно много средств и усилий. Так, в свое время Белорусская железная дорога решилась на эксперимент в создании мобильного терминала для контроля документов (далее – МТКД) на платформе Android.

Целью создания ПО МТКД является автоматизация процесса получения информации о проездных документах, оформленных с использованием сети Интернет и билетной кассы. В ПО МТКД разработаны инструменты для проверки проездных документов, выполнения процедуры принудительной электронной регистрации (далее – ЭР) на борту поезда, сбора информации о посадке и высадке пассажиров и т. д.

Разработка ПО МТКД направлена:

- на совершенствование технологии предоставления услуг по перевозке пассажиров за счет снятия ограничения на приобретение проездных документов с ЭР по ходу следования поезда;
- автоматизацию процедуры выполнения электронной регистрации на борту поезда;
- сокращение трудозатрат по организации возврата денежных средств за неиспользованные электронные проездные документы (билеты), сданные в претензионном порядке;
- оперативное получение информации поездными бригадами о предстоящей посадке (высадке) пассажиров по ходу следования поезда.

ПО МТКД обеспечивает выполнение следующих функций:

- получение информации по «Рейсу»:
 - ведомость проездных документов (состоит из электронных билетов, включая черный список, оформленных в билетной кассе);
 - маршрут следования поезда;
 - схема состава поезда;
 - статус проездного документа;
 - уточнение названия станции;
- выполнение отметок для проездных документов;
- выполнение принудительной ЭР (за пассажира);
- автоматическое обновление ведомости проездных документов по ходу следования поезда;
- проверка наличия проездных документов в ведомости;
- ручной ввод информации о пассажире при посадке на место начальника поезда (далее – ЛНП);
- передача на сервер автоматизированной системы контроля посадки пассажиров (далее – АСКПП) информации по рейсу;
 - получение отчета по расходу постельных принадлежностей;
 - автоматическое и ручное обновление ПО МТКД, профиля настроек ПО МТКД;
 - срабатывание первого будильника для выдачи билетов пассажирам, срабатывание второго будильника перед прибытием на станцию;
 - просмотр информации о событиях работы ПО МТКД в журналах;
 - просмотр информации о расходе трафика, проверка баланса лицевого счета, проверка номера телефона SIM-карты;
 - сбор информации о посадке (высадке) пассажиров поезда;
 - закрытие рейса (удаление информации по рейсу).

На текущий момент поставлена задача разработать альтернативный графический интерфейс и реализацию основных функций мобильного терминала контроля документов на мобильных устройствах платформы iOS. Опираясь на статистику 2019 года, количество пользователей iOS достигло отметки в 30 процентов и является второй самой популярной мобильной платформой после Android. Следовательно, повышается актуальность реализации системы МТКД на мобильной платформе iOS. Одной из важных задач, которую требуется выполнить, является создание удобного и интуитивно понятного интерфейса, которого лишена текущая реализация на Android.

iOS (до 24 июня 2010 года – iPhone OS) – мобильная операционная система для смартфонов, электронных планшетов, носимых проигрывателей и некоторых других устройств, разрабатываемая и выпускаемая американской компанией Apple. Была выпущена в 2007 году; первоначально для iPhone и iPod touch, позже – для таких устройств, как iPad. В 2014 году появилась поддержка автомобильных мультимедийных систем Apple CarPlay. В отличие от Android (Google), выпускается только для устройств, производимых фирмой Apple.

В iOS используется ядро XNU, основанное на микроядре Mach и содержащее программный код, разработанный компанией Apple, а также код из ОС NeXTSTEP и FreeBSD. Ядро iOS почти идентично ядру настольной операционной системы Apple macOS (ранее называвшейся OS X). Начиная с самой первой версии, iOS работает только на планшетных компьютерах и смартфонах с процессорами архитектуры ARM. iOS разработана на основе операционной системы OS X (с тех пор переименованной в macOS) и использует тот же набор основных компонентов Darwin, совместимый со стандартом POSIX.

Пользовательский интерфейс iOS основан на концепции прямого взаимодействия с использованием жестов «мультикас». Элементы управления интерфейсом состоят из ползунков, переключателей и кнопок.

Слои абстракции iOS:

- Core OS;
- Core Services;
- Media Layer;
- Cocoa Touch.

Ключевым моментом при старте разработки является выработка требований к архитектуре. Основными критериями при выборе архитектуры являются: распределение, тестируемость, простота использования. В качестве архитектуры приложения, которая удовлетворяет данным критериям, было решено выбрать Model-View-ViewMode (далее MVVM) (рисунок 1).

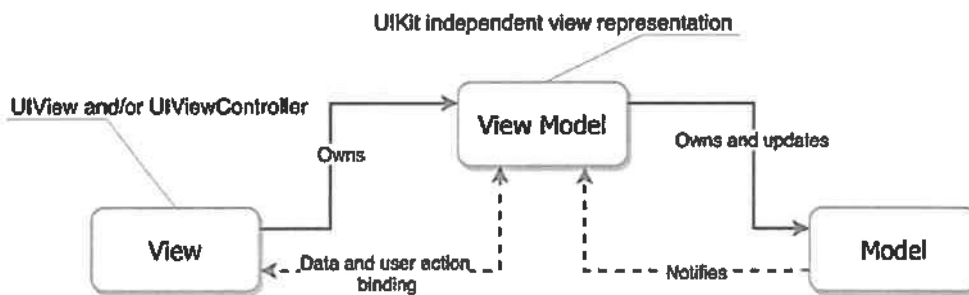


Рисунок 1 – Схема взаимосвязей модулей в MVVM

Model-View-ViewModel (MVVM) – шаблон проектирования архитектуры приложения. Представлен в 2005 году Джоном Госсманом (John Gossman) как модификация шаблона Presentation Model. Используется для разделения модели и ее представления, что необходимо для их изменения отдельно друг от друга. Например, разработчик задает логику работы с данными, а дизайнер работает с пользовательским интерфейсом. MVVM удобно использовать вместо классического MVC и ему подобным в тех случаях, когда в платформе, на которой ведется разработка, есть «связывание данных». В шаблонах проектирования MVC/MVP изменения в пользовательском интерфейсе не влияют непосредственно на Модель, а предварительно идут через Контроллер (англ. controller) или Presenter. В таких технологиях, как WPF и Silverlight, есть концепция «связывания данных», позволяющая связывать данные с визуальными элементами в обе стороны. Следовательно, при использовании этого приема применение модели MVC становится крайне неудобным из-за того, что привязка данных к представлению напрямую не укладывается в концепцию MVC/MVP.

Шаблон MVVM делится на три части:

Модель (англ. model) (так же, как в классической MVC) представляет собой логику работы с данными и описание фундаментальных данных, необходимых для работы приложения.

Представление (англ. view) – графический интерфейс (окна, списки, кнопки и т. п.). Выступает подписчиком на событие изменения значений свойств или команд, предоставляемых Моделью Представления. В случае, если в Модели Представления изменилось какое-либо свойство, то она оповещает всех подписчиков об этом, и Представление в свою очередь запрашивает обновленное значение свойства из Модели Представления. В случае, если пользователь воздействует на какой-либо элемент интерфейса, Представление вызывает соответствующую команду, предоставленную Моделью Представления.

Модель Представления (англ. ViewModel) – с одной стороны, абстракция Представления, а с другой – обертка данных из Модели, подлежащие связыванию. То есть она содержит Модель, преобразованную к Представлению, а также команды, которыми может пользоваться Представление, чтобы влиять на Модель.

На данный момент производится выработка технического задания и реализация мобильного приложения в среде разработки Xcode. Также ведется интеграция облачной базы данных Firebase в приложение для имитации серверной части МТКД ввиду закрытого доступа к оригинальным серверам. Таким образом, разработка МТКД под операционную систему iOS расширит круг мобильных устройств, которые могут обеспечить функционирование МТКД, а также предложит новые решения, которые в последующем можно применить в версии под Android.

Список литературы

- 1 Neuburg, M. iOS 12 Programming Fundamentals with Swift / M. Neuburg. – O'REILLY, 2019.
- 2 Apple Developer Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://developer.apple.com/documentation>. – Дата доступа : 17.09.2019.

УДК 621.38

ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ, ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРЕДНАМЕРЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

К. А. БОЧКОВ, Н. В. РЯЗАНЦЕВА, Д. В. КОМНАТНЫЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

На железнодорожном транспорте системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) призваны в первую очередь обеспечить безопасность движения поездов. Повышенные требования по обеспечению безопасности движения поездов налагали и особые методы построения СЖАТ. Ранее СЖАТ строились на основе аппаратной реализации с использованием специальных реле первого класса надежности с несимметричными отказами. При этом не существовало проблем обеспечения информационной безопасности и доказательства функциональной безопасности и угроз преднамеренного электромагнитного воздействия на СЖАТ.

Современные СЖАТ строятся на основе аппаратно-программных комплексов (АПК) с использованием микроэлектронной элементной базы с симметричными отказами. Для СЖАТ принято различать согласно ГОСТ Р 53431–2009 два вида неработоспособного состояния: защитное и опасное. При этом в защитном состоянии все функции по обеспечению безопасности движения поездов соответствуют требованиям нормативно-технической документации (НТД). В опасном состоянии значение хотя бы одного параметра по обеспечению функций безопасности движения поездов не соответствуют требованиям НТД. В опасное состояние система переходит при наличии опасного отказа. Для возможности оценки наличия опасных отказов для каждой из СЖАТ или ее компонентов формулируются критерии опасных отказов в соответствующих НТД.

Следует отметить, что наличие опасного отказа еще не означает нарушения условий безопасности движения поездов, поскольку оно может возникнуть только при условии

$$Q_{\text{дп}} = Q_{\text{оо}} Q_{\text{пс}} Q_{\text{чс}},$$

где $Q_{\text{дп}}$ – вероятность нарушения условий безопасности движения поездов (авария, крушение, гибель людей, огромные материальные потери и т. д.); $Q_{\text{оо}}$ – вероятность опасного отказа; $Q_{\text{пс}}$ – веро-

ятность наличия опасной поездной ситуации; $Q_{ч0}$ – вероятность ошибки человека-оператора (непарирование опасной ситуации), дежурного по станции, машиниста.

Исходя из этого безопасность АПК микроэлектронных СЖАТ существует как самостоятельное понятие вне связи с человеком-оператором, наличием опасной поездной ситуации и определяется величиной вероятности опасного отказа. Поэтому для АПК микроэлектронных СЖАТ следует проводить анализ (оценивать степень) влияния функциональной, информационной безопасности и преднамеренного электромагнитного воздействия на безопасность движения поездов.

Следует четко определить объекты защиты с позиций информационной, функциональной безопасности и угроз преднамеренного воздействия микроэлектронных СЖАТ. Все дело в том, что объектом защиты предмета информационной безопасности является информация. Но АПК микроэлектронных СЖАТ строятся таким образом, чтобы одиночные, маскируемые и двойные отказы аппаратных средств, ошибки программного обеспечения и недеклалируемые возможности (закладки) не приводили систему в опасное состояние. Циркулирующая в АПК СЖАТ информация не является конфиденциальной с позиции ее раскрытия, хищения и доступности сторонним лицам. АПК СЖАТ построены таким образом, что лицо, принимающее решения (ЛПР) (ДСП, ДНЦ, машинист и др.) использует эту информацию только по прямому назначению организации движения поездов на станциях и участках железной дороги. И даже если по ошибке или злему умыслу ЛПР попытается создать своими действиями на автоматизированном рабочем месте (АРМ) условия, ведущие к нарушению безопасности движению поездов, то АПК СЖАТ при их исправном состоянии не допустят этого исходя из заложенных в них принципов недопущения опасного отказа на уровне SIL4 по ГОСТ Р МЭК 61508–2012.

Вопросы же нарушения целостности информации должны решаться известными методами кодировки, кэширования, криптографии и др. и являются основным предметом обеспечения информационной безопасности в соответствии с требованиями НТД.

Комплексный подход к оценке соответствия программного обеспечения (ПО) СЖАТ, учитывающий требования к функциональной и информационной безопасности, отражен в СТО РЖД 02.049–2014 г., в котором введено понятие киберзащищенности. Это совокупность политик и действий, которые должны быть предприняты для защиты критически важных объектов от деструктивных информационных воздействий (несанкционированный доступ, компьютерная атака, программно-аппаратные закладки, недекларированные возможности, искажение, уничтожение информации), направленные на нарушение штатного функционирования микропроцессорных СЖАТ.

Микропроцессорные СЖАТ имеют следующие дополнительные особенности с позиций обеспечения киберзащищенности по сравнению с массовым «промышленным» АСУ ТП:

- главной целью кибератаки на микропроцессорные СЖАТ является не информация сама по себе, а возможность воздействия на исполнительные объекты;

- возможная атака будет направлена на вывод из строя микропроцессорной СЖАТ (в том числе и методами электромагнитного терроризма) или нарушение функциональной безопасности, а следовательно, и нарушение безопасности движения поездов;

- атака может быть направлена на конкретные (наиболее опасные по последствиям) объекты СЖАТ (контроллеры управления исполнительными объектами) с помощью специально разработанных средств, поэтому традиционные (шаблонные) средства защиты могут быть неэффективными.

Наиболее реальной и опасной по последствиям является возможная DDOS кибератака (отказ в обслуживании) путем перехвата злоумышленником управления и задания секущего маршрута в горловине станции, являющегося враждебным всем маршрутам приема и отправки и тем самым блокирующим движение поездов (без нарушения условий безопасности движения) и приносящим большой материальный ущерб. Но такая атака может быть парирована специальными техническими и организационными мероприятиями, один из возможных вариантов которых разработан в БелГУТе.

Одним из новых видов угроз микропроцессорным СЖАТ является «электромагнитный терроризм», суть которого заключается в преднамеренном воздействии сверхширокополосным импульсом высокой энергии.

Воздействие широкополосных импульсных помех на микроэлектронные СЖАТ может вызвать:

- сбой в работе объектных контроллеров, как наиболее ответственных узлов, влияющих на возможное нарушение условий безопасности движения поездов;

- отказ объектных контроллеров, вызванный физическим повреждением и разрушением микроэлектронной элементной базы;

- сбой и отказы в работе приемопередающих устройств каналов связи, что приведет к нарушению передачи информации в системе ЖАТ;
- сбой и отказы в работе узлов самопроверки и аппаратуры защиты информации микропроцессорных многоканальных СЖАТ;
- повреждение и разрушение устройств хранения долговременной информации в центральных компьютерах и АРМ СЖАТ.

Отсюда следует, что воздействие СШИП может привести к нарушению как информационной, так и функциональной безопасности одновременно. Это обстоятельство делает указанное воздействие более опасным, чем кибератака или искажение алгоритмов работы СЖАТ.

Следует также учитывать, что СЖАТ являются распределенными системами. Их аппаратура территориально разнесена на большие расстояния: посты ЭЦ, ДЦ, путевые парки железнодорожных станций, переезды, перегоны и др. Поэтому защита таких систем путем оперативно-охранных мероприятий по периметру территории объекта затруднительна.

Сверхширокополосные импульсы, в отличие от традиционных источников помех, обладают распределением спектральной плотности в диапазоне от сотен МГц до единиц ГГц, что позволяет им легко проникать в АПК микроэлектронных устройств через паразитные емкостные каналы. Отличительной особенностью СШИП является также соизмеримость длительности воздействия импульсов с длительностью рабочих и тактовых импульсов АПК СЖАТ, что делает их значительно опаснее, чем уже изученное воздействие электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва микросекундной длительности с шириной спектра от единиц кГц до сотен МГц.

Приведенный краткий анализ заставляет сделать вывод об обязательности обеспечения устойчивости микроэлектронных СЖАТ к СШИП в рамках решения проблемы киберзащитности систем обеспечения безопасности движения поездов.

В докладе приводятся результаты проведенных в НИЛ БЭМС ТС БелГУТа исследований, позволяющих прогнозировать поведение ЛПК микропроцессорных СЖАТ при преднамеренном электромагнитном воздействии и определить направление работ по повышению их устойчивости к этим воздействиям.

Таким образом, в докладе показано, что для микроэлектронных АПК СЖАТ определяющим является выполнение требований по функциональной безопасности на уровне SIL4 по ГОСТ Р МЭК 61508–2012 и выполнение исследований, направленных на повышение устойчивости к преднамеренным электромагнитным воздействиям.

УДК 004.021

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ВЕРИФИКАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

К. А. БОЧКОВ, С. Н. ХАРЛАП, Б. В. СИВКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) необходимы для обеспечения безопасного управления транспортными процессами на железных дорогах, и главным в них является аспект безопасности. При этом СЖАТ регулируют процессы перевозок и предупреждают аварии и крушения. Соответственно, к ним предъявляются повышенные требования функциональной безопасности, что относится в том числе и к современным системам, построенным на микропроцессорной элементной базе.

Микропроцессорные СЖАТ представляют собой аппаратно-программные комплексы (АПК), использующие различные методы и средства передачи и обработки информации. Их неотъемлемой частью является программное обеспечение (ПО), для которого характерна высокая сложность. В связи с этим разработка и верификация микропроцессорных АПК, относящихся к системам обеспечения безопасности движения поездов (СОБД), сопровождается дополнительными мероприятиями, позволяющими получить необходимый уровень безопасности и отказоустойчивости. В то же время для подобных задач отсутствует единый подход решения, что формирует потребность в создании

эффективных методов и средств для повышения качества решения ключевых проблем разработки и верификации микропроцессорных СОБД.

К одному из вышеописанных способов относится автоматизация задач с помощью дополнительного специального ПО. Такой подход позволяет уменьшить влияние человеческого фактора во время проверки спецификаций и упростить разработку контролепригодного АПК. Средства автоматизации могут сократить затраты, например, выявляя ошибки проектирования до тестирования или имитационных испытаний. Для СОБД важным является то, что автоматизация дает возможность улучшить показатели отказоустойчивости и безопасности. Однако данный способ требует формализации, что затруднительно при разнообразии решаемых задач и элементной базы.

В докладе рассматриваются три программных комплекса (ПК), разработанных для автоматизации ряда процессов разработки и верификации микропроцессорных СОБД. Данные ПК работают с программами PIC-контроллеров модели 16F877A и других, имеющих аналогичный набор команд исполнения.

Первый из них, *Formal Time Verifier*, основан на практике верификации микропроцессорных СЖАТ и предназначен для оценки временных параметров анализируемых систем: определение гарантированного времени перехода в безопасное состояние по тайм-ауту, вычисление частоты опроса внешних устройств и др. Такие задачи характерны для СОБД, так как они относятся к системам реального времени. ПК позволяет вычислять время выполнения между двумя произвольными точками, определять обстоятельства заикливания программы, формировать доказательство обязательного завершения алгоритма, выполнять поиск точек программы, где выполнение обязательно произойдет при каждом выполнении тела цикла. Функционально *Formal Time Verifier* проводит синтаксический разбор исходного кода программы, далее создается граф переходов и в последующем ПК использует специально разработанные алгоритмы, представляющие собой решения задач на графах.

Во вторую группу задач входит оценка степени диверситета систем. Диверситет является одним из основных способов повышения отказоустойчивости и безопасности СОБД; он заключается в создании как можно более разных систем таким образом, чтобы в случае отказа они вели себя по-разному. Это позволяет обнаружить проблему и перейти в безопасное состояние. Важной задачей при построении таких систем является оценка достигнутой степени диверситета, которая позволяет сделать вывод о его эффективности. Для решения подобных задач разработан ПК *Diverse Axiomatic Basis Checker*, который использует диверсификацию аксиоматических базисов, когда проектируемая система опирается на заранее определенные формализованные утверждения. Соответственно, ПК проверяет данные утверждения на основе исходного кода программ, анализируя константные отказы и отказы короткого замыкания произвольных информационных линий, охватывая отказы ячеек памяти, дешифратора команд и выполнения инструкций микроконтроллера, отказы регистров и аккумулятора.

Третий ПК *Address Detection* автоматизирует метод обнаружения отказов на основе доступности адресных данных, выбирая набор адресов по запросу пользователя. В него входят такие параметры, как множество отказов для проверки или разрешенные адресные диапазоны, и на их основании ПК проводит поиск оптимальных адресов. Целями автоматизации данного ПК являются уменьшение ошибок во время поиска адресов, нахождение оптимального из возможных наборов и уменьшение затрат.

В докладе рассматриваются задачи автоматизации, разработанные алгоритмы и особенности применения предложенных программных средств. Представленные ПК опробованы в лаборатории «Безопасность и электромагнитная совместимость технических средств» БелГУТа и зарегистрированы в 2017 году в Национальном центре интеллектуальной собственности (г. Минск).

УДК 621.38

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МПСУ ЖАТ

А. Ю. ВАСИЛЬЕВ

ООО «ЛокоТех-Сигнал», Российская Федерация, г. Москва

Широкое применение цифровых технологий в системах автоматизированного управления технологическими процессами обуславливает возникновение нового класса угроз – угроз информационной безопасности [1].

При реализации защиты от данного класса угроз в системах автоматизированного управления ответственными технологическими процессами (ОТП) возникает ряд трудностей, обусловленных следующими особенностями:

- различная продолжительность жизненных циклов функциональной и информационной безопасности (ФБ и ИБ);
- отсутствие на широком рынке внешних средств защиты, учитывающих повышенные требования к аппаратной и программной составляющим систем для ОТП;
- ограничения по возможности использования встраиваемых средств защиты ввиду отсутствия запаса вычислительных ресурсов у существующих систем и ограничений со стороны требований по ФБ при разработке новых.

Преодоление этих трудностей возможно двумя путями:

1 Независимое рассмотрение требований по функциональной и информационной безопасности и построение внешнего контура защиты от угроз ИБ вокруг системы.

2 Объединение жизненных циклов ФБ и ИБ с учетом особенностей систем.

В настоящее время, как правило, применяется первый путь. Например, в работе [2] показывается, что функциональную, информационную и физическую безопасности можно рассматривать как ортогональные требования и выполнять их независимо. Действительно, такой подход, на первый взгляд, наиболее прост и очевиден. Он декларируется и многими международными стандартами [3]. Однако из-за вышеперечисленных особенностей, применение этого подхода приводит к тому, что стоимость системы резко увеличивается из-за необходимости установки внешних средств защиты и их резервирования. Кроме того, применение ряда мер защиты иногда оказывается невозможным ввиду технических ограничений существующих систем, например, при передаче сигналов от напольных устройств на борт локомотива [2]. Таким образом, применение независимого подхода зачастую неэффективно, особенно для систем, имеющих большие объемы внедрения, к каким относятся системы ЖАТ, поскольку капитальные затраты на обеспечение ИБ при этом возрастают пропорционально числу систем.

Второй подход предполагает необходимость комплексного подхода к проблеме обеспечения ИБ и ФБ. Он основан на том факте, что требования к системе со стороны ИБ и ФБ зачастую похожи и различаются не столь кардинально. Ключевым отличием между ИБ и ФБ является то, что ФБ рассматривает защиту от искажения информации в системе ОТП под действием только случайных факторов, а ИБ – под действием преднамеренных. Если искажается одна и та же информация, а разница только в природе действующего фактора, то защита от преднамеренных искажений информации будет включать в себя защиту от случайных искажений, т. е. методы ИБ будут включать в себя методы ФБ. Это позволяет, во-первых, обеспечить возможность оптимизации затрат при построении системы защиты, во-вторых, повысить сам уровень защиты, т. к. применяемые методы и средства теперь становятся внутренними по отношению к защищаемой системе, в-третьих, повышается надежность системы.

С целью обоснования второго подхода рассмотрим жизненные циклы ФБ и ИБ. Жизненный цикл системы, к которой предъявляются требования функциональной безопасности, согласно международному стандарту МЭК 61508 [4] состоит из следующих этапов: концепция, определение системы и условий применения, анализ рисков, требования к системе, распределение требований в системе, проектирование, изготовление, установка, валидация, приемка системы, эксплуатация и техническое обслуживание, модификация и модернизация, вывод из эксплуатации.

В свою очередь жизненный цикл системы, к которой предъявляются требования информационной безопасности, согласно МЭК 62443 [5] состоит из схожих этапов: идентификация, составление концепции, функциональный анализ и технические требования, функциональный проект, рабочий проект, конструирование, действие (ввод в эксплуатацию и техническое обслуживание), контроль за соблюдением установленных требований, снятие с эксплуатации.

При первом подходе, при введении новых нормативных документов по информационной безопасности, существующие системы должны быть модернизированы, чтобы соответствовать новым требованиям. Поэтому жизненные циклы функциональной и информационной безопасности будут следовать условно последовательно, т. е. вначале идут этапы жизненного цикла, относящиеся к функциональной безопасности, а на этапе модернизации начнется жизненный цикл, относящийся к информационной безопасности.

Для вновь проектируемых систем структура имеет иной вид. В данном случае жизненные циклы выполняются условно параллельно, т. е. после этапа цикла функциональной безопасности (или одновременно с ним) идет аналогичный этап жизненного цикла информационной безопасности.

Теперь рассмотрим возможность объединения требований и методов их реализации на примере этапа жизненного цикла «Изготовление системы» (рисунок 1).

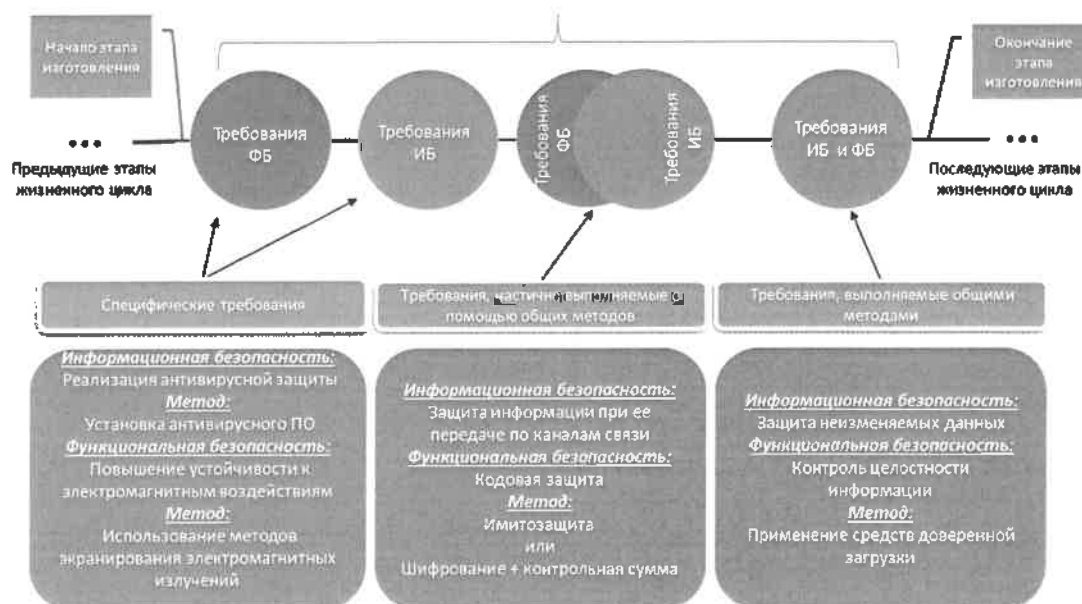


Рисунок 1 – Комплексный подход при реализации этапа «Изготовление системы»

Как видно из рисунка, некоторые требования являются специфичными для того или иного вида безопасности, например, для обеспечения ИБ необходима реализация антивирусной защиты, которая совершенно не требуется для обеспечения ФБ.

Часть требований может обеспечиваться совместным применением методов ФБ и ИБ: это, например, защита информации при ее передаче по каналам связи. В качестве методов могут применяться имитозащита или шифрование данных, дополненных контрольной суммой. Сущность обоих методов состоит во внесении избыточности, однако, в отличие от ФБ, избыточность, вносимая для обеспечения ИБ, должна вноситься таким образом, чтобы злоумышленник не имел возможности получить полную информацию о системе за разумное время, т. е. часть информации должна быть засекречена.

И, наконец, имеется группа требований, которые могут быть частично или полностью реализованы общими методами. Примером таких требований является защита неизменяемых данных для ИБ и контроль целостности информации для ФБ. Оба этих требования могут быть обеспечены с помощью применения средств доверенной загрузки.

Таким образом, предложенный подход позволит оптимизировать программные и аппаратные средства, что в свою очередь приведет к уменьшению стоимости системы, а также устранил возможные проблемы с совместимостью.

При реализации такого подхода следует отметить ряд трудностей: сложность реализации, т. к. разработчик должен иметь соответствующие компетенции не только в области функциональной, но и в области информационной безопасности, и отсутствие в настоящее время нормативной базы и нормативного регулирования для его реализации.

Список литературы

- 1 Гросс, В. А. Повышение киберзащищенности МПСУ ЖАТ / В. А. Гросс // Автоматика, связь и информатика. – 2016. – № 5. – С. 12–15.
- 2 Безродный, Б. Ф. Отличительные особенности кибербезопасности АСУ ТП / Б. Ф. Безродный // Железнодорожный транспорт. – 2018. – № 5. – С. 52–54.
- 3 Железные дороги. Системы связи, сигнализации и обработки данных. Требования к обеспечению безопасной передачи информации: ГОСТ Р МЭК 62280–2017. – Введ. 01.07.2017. – М. : Стандартинформ, 2017.
- 4 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью : ГОСТ Р МЭК 61508–2012. – Введ. 29.12.2012. – М. : Стандартинформ, 2012.
- 5 Сети коммуникационные промышленные. Защищенность (кибербезопасность) сети и системы. Часть 1-1. Терминология, концептуальные положения и модели: ГОСТ Р 56205–2014. – Введ. 10.11.2014. – М. : Стандартинформ, 2014.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ D-ATIS

А. В. ДУБОВСКИЙ

Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

Своевременное получение экипажем аэронавигационной информации на аэродроме является одним из самых важных элементов в обеспечении безопасности полетов. Данные о температуре, видимости, высоте облачности, направлении и скорости ветра, состоянии взлетно-посадочной полосы и коэффициенте сцепления предоставляются экипажу органом обслуживания воздушного движения.

Однако диспетчер не может сообщать эту информацию каждому экипажу, т. к. при высокой интенсивности воздушного движения занят назначением высот, курсов, скоростей для обеспечения безопасных интервалов между воздушными судами. Поэтому в крупных аэропортах уже в 1980-х стала применяться процедура автоматической передачи информации в районе аэродрома ATIS (*automatic terminal information service*). В первое время это было голосовое зачитывание оператором на диктофон информации, которое затем передавалось в эфир с помощью радиостанции ультракоротких диапазонов на выделенной частоте, которую могли прослушать экипажи воздушных судов, вылетающих или производящих посадку на данном аэродроме. С развитием компьютерной техники появились так называемые автоматические формирователи речевых сообщений.

В международных аэропортах информация ATIS вещается поочередно на двух языках – английском и языке государства. Если пилот не расслышал какой-либо элемент в сводке, ему нужно заново слушать всю сводку на обоих языках. Необходимость при повторном прослушивании ждать, когда пройдет сообщение на непонятном языке, чтобы затем уточнить нужную цифру в части сводки на английском языке, доставляет иностранному экипажу серьезные неудобства. В некоторых аэропортах практикуется раздельное вещание сводок ATIS на двух языках на различных частотах. Это немного снижает остроту проблемы, но разборчивость сообщений ATIS зачастую оставляет желать лучшего.

Если на аэродроме есть несколько искусственных взлетно-посадочных полос, вероятность ошибки приема информации экипажем повышается. В итоге для верного приема информации ATIS приходится слушать сводку до трех раз, на что уходит несколько минут. В течение этого времени один из двух пилотов практически выключается из процесса пилотирования, причем на самом трудоемком этапе – снижении и заходе на посадку. А если погода на аэродроме близка к минимуму и меняется каждые 2–3 минуты, прослушивание сводки ATIS становится сложной задачей, и опять диспетчеру приходится отвлекаться от управления воздушным движением, чтобы сообщить погоду экипажу по радиосвязи.

С появлением новых технологий передача информации ATIS вышла на новый уровень. Уже более 10 лет за границей применяется цифровая ATIS (Digital ATIS или D-ATIS).

На воздушном судне, оборудованном для приема D-ATIS, свежая информация по аэродрому за считанные секунды появляется на дисплее или распечатывается на телепринтере. В конечном счете, время на прием информации сокращается с нескольких минут до нескольких секунд, исключаются ошибки в восприятии информации на слух, а сводку по аэродрому можно получить не только в пределах дальности УКВ радиосвязи, но на любом расстоянии от аэродрома назначения.

Цифровая ATIS использует адресно-отчетную систему авиационной связи – ACARS (*Aircraft Communications Addressing and Reporting System*), разработанную и внедренную в 1978 г. американской фирмой ARINC для замены голосовой связи в УКВ диапазоне. На земле система ACARS представляет собой сеть ультракоротковолновых радиостанций, которые принимают и передают цифровые сообщения на борт воздушного судна. Аппаратура, формирующая сводку ATIS, через специальный выход подключается к сети линий передачи данных ACARS, а предприятие, осуществляющее обслуживание воздушного движения, должно быть абонентом-подписчиком одного из провайдеров сети (в настоящее время имеются два провайдера: ARINC и SITA). Экипаж воздушного судна при наличии нужного бортового оборудования настраивается на соответствующую частоту и мо-

ментально получает информацию по аэродрому. Голосовая ATIS продолжает работать параллельно, что дает возможность экипажам необорудованных воздушных судов получать сводку, как и прежде, с помощью прослушивания.

Работы по созданию D-ATIS были начаты в США в 1993 г. Изначально введение цифрового ATIS было запланировано в 19 американских аэропортах. В 2008 г. D-ATIS функционировала уже в 72 аэропортах США.

В 2003 г. ИКАО включает внедрение D-ATIS в число самых важных задач технического развития. Сегодня в 2006 г. D-ATIS внедрено или планируется к внедрению более чем в 210 аэропортах 32 стран мира. В одной только маленькой Финляндии цифровая D-ATIS функционирует в 21 аэропорту.

В Республике Беларусь D-ATIS пока не применяется, хотя ее внедрение планируется на аэродроме Минск-2 совместно с системами D-VOLMET + SIGMET. Это позволило бы пилотам не тратить время на прослушивание и запись голосовой информации по аэродрому. Большая часть современных воздушных судов, выполняющих полеты в РБ, оборудована для приема D-ATIS. Это воздушные суда ведущих зарубежных авиакомпаний (Lufthansa, Finnair, SAS, Аэрофлот и т. д.). Однако отсутствие в белорусских аэропортах необходимого наземного оборудования не позволяет полностью реализовать технические возможности воздушных судов.

Скорейшее внедрение Digital ATIS в Беларуси способствовало бы не только повышению безопасности полетов, но и более полной интеграции белорусской аэронавигационной системы в мировую аэронавигационную систему, повышению привлекательности воздушного пространства и аэропортов Беларуси для иностранных пользователей, повышению престижа страны.

УДК 625+656.25

ПЕРСПЕКТИВЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Д. В. ЕФАНОВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Тенденцией современного мира железнодорожной автоматики является разработка и внедрение микропроцессорных систем управления движением поездов [1–3]. При этом широко используются традиционные принципы построения систем управления с централизацией зависимостей (устройства энергоснабжения могут быть централизованными и децентрализованными), а сами микропроцессорные системы являются эволюцией систем, синтезируемых на релейной основе, однако снабженные более развитым функционалом оперативного уровня управления. Для обеспечения надежности и безопасности в таких системах используются принципы резервирования и диверситета на аппаратном и программном уровнях, что приводит к существенному удорожанию системы. Тем не менее, с точки зрения принципов организации управления движением замена традиционной релейной системы на микропроцессорную ничего нового не привносит: пропускная способность участков не изменяется. Подобные обстоятельства свидетельствуют о недостаточной обоснованности внедрения современных систем управления движением поездов на микропроцессорной основе.

В [4] представлена идея системы управления для промышленного транспорта, подразумевающая наличие минимального объема периферийного оборудования железнодорожной автоматики и использование облачных сервисов для организации управления. Подобная идея интересна с точки зрения не продажи дорогого аппаратно-программного комплекса, а реализации системы управления как услуги. Еще одним преимуществом такой системы является использование типовых шаблонов для различных топологий железнодорожных станций и перегонов, что существенно упрощает процесс проектирования. В настоящее время подобное решение невозможно применить на магистральном железнодорожном транспорте, но оно может учитываться при разработке по-настоящему инновационных систем управления движением поездов.

Инновационные системы управления движением поездов должны в полной мере использовать достижения современного мира в области информационных технологий и энергоснабжения. Так, в [5, 6] обсуждаются вопросы реализации систем управления с распределенными вычислениями и с

использованием альтернативных источников энергоснабжения. Использование подобных технологий позволяет перейти к реализации абсолютно инновационного решения – системы «Green Interlocking» XXI века (GI-XXI). Данная система базируется на использовании принципов децентрализации периферийного оборудования, отсутствии кабельных сетей и проверке всех зависимостей в распределенной вычислительной системе. В качестве средств позиционирования подвижных единиц могут использоваться любые технические приспособления: традиционные рельсовые цепи, счетчики осей, бализы, спутниковая навигация и т. п. В качестве средств сигнализации могут использоваться и традиционные светофоры, и современный способ передачи команд прямо на бортовое оборудование тяговых единиц. Средствами перевода железнодорожных стрелок в крайние положения и контроля достигнутого состояния являются стрелочные электроприводы. Основным является то, что каждый периферийный объект имеет двойную систему энергоснабжения: от кабельных сетей энергоснабжения и от альтернативных источников энергоснабжения. Последние являются приоритетными в использовании, а местная кабельная сеть служит резервом.

Ключевые преимущества новой системы управления движением следующие:

- повышенная энергоэффективность за счет отсутствия кабельных сетей и использования «прямого» управления с учетом классов энергоэффективности устройств автоматики [6];
- повышенные надежность и безопасность за счет снижения числа элементов в системе;
- наличие развитого диагностического обеспечения средств автоматики, непосредственно совмещенных с объектами управления [7];
- простота проектирования за счет отсутствия кабельных сетей, традиционных постов централизации, необходимости размещения громадного количества объектов на релейных стативах и пр.;
- возможности управления объектами напольной автоматики «виртуально», а также непосредственно с бортовых средств тяговых подвижных единиц;
- возможность поэтапного «озеленения» существующих систем централизаций в «умную» систему управления движением поездов GI-XXI;
- возможности интеграции с верхними уровнями системы организации и планирования движения поездов, в том числе поддержки «гибких» графиков движения поездов.

Следует также отметить, что при реализации концепции GI-XXI возможно использование современных технологий цифрового моделирования – lite-интеграция с BIM-моделями (рабочая документация BIM-проекта служит основой для наложения на него технологического программного обеспечения) [8].

Реализация систем управления с распределенными вычислительными ресурсами, а также с преимущественным использованием альтернативных источников энергоснабжения с учетом классов энергоэффективности устройств управления движением поездов – действительно новый подход к решению поставленной задачи, позволяющий достичь новых эффектов по сравнению с использованием морально устаревших систем автоматики ушедшего XX столетия.

Список литературы

- 1 Theeg, G. Railway Signalling & Interlocking: 2nd Edition / G. Theeg, S. Vlasenko // Germany, Hamburg: PMC Media House GmbH, 2018. – 458 p.
- 2 Власенко, С. В. Централизованная и децентрализованная архитектура постов управления станциями / С. В. Власенко, С. А. Лунев, М. М. Соколов // Автоматика, связь, информатика. – 2019. – № 3. – С. 22–25.
- 3 Смагин, Ю. С. Первая цифровая система централизации в Германии / Ю. С. Смагин, А. Ю. Ефремов // Железные дороги мира. – 2018. – № 8. – С. 63–67.
- 4 Ефанов, Д. В. Система управления движением на промышленном транспорте как сервис / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий // Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и строительного комплексов: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч., ч. 1 / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель: БелГУТ, 2018. – С. 137–139. – ISBN 978-985-554-766-3 (ч. 1).
- 5 Efanov, D. Paradigms for Building Control Systems on Railroad Transport: from the Systems of Electrical Interlocking of Points and Light Signals to Smart Grid Train Movements Controlling Systems / D. Efanov, G. Osadchy // Proceedings of 16th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2018), Kazan, Russia, September 14–17, 2018. – Pp. 213–220, doi: 10.1109/EWDTS.2018.8524809.
- 6 Ефанов, Д. В. Энергоэффективные решения для систем управления на железнодорожном транспорте / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 2. – С. 16–21.
- 7 Ефанов, Д. В. Интеллектуальный транспорт: Интеграция систем мониторинга и управления / Д. В. Ефанов // Автоматика, связь, информатика. – 2019. – № 7. – С. 40–41.
- 8 Ефанов, Д. В. Концепция цифрового моделирования на железнодорожном транспорте / Д. В. Ефанов, А. С. Шиленко, В. В. Хоршев // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 3. – С. 34–38.

АНАЛИЗ ИНТЕРНЕТ-ИНФОРМАЦИИ О НОРМАТИВНОЙ БАЗЕ АУТСОРСИНГА В ОАО «РЖД»

А. А. ИВАНЕНКО
ОАО «РЖД», г. Москва

В. И. ЛИНЬКОВ, А. И. АНИКЕЕВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Аутсорсинг – это передача компанией другой специализированной организации (аутсорсеру) ранее выполняемых ею видов работ с целью повышения экономической эффективности деятельности компании. Аутсорсинг-проект – проект реализации аутсорсинга. Аутсорсинг стал играть существенную роль в деятельности ОАО «РЖД» с конца 2000-х годов. В 2016 г. было создано структурное подразделение, ответственное за развитие в холдинге ОАО «РЖД» системы управления аутсорсингом, которое просуществовало до 2018 г. Это Центр развития управления рисками и аутсорсингом (ЦУР). Перед ним были поставлены задачи разработки и актуализации нормативных документов ОАО «РЖД» в сфере аутсорсинга, методического обеспечения и мониторинга применения аутсорсинга в ОАО «РЖД», а также в обеспечении разработки, актуализации, формировании и контроле реализации концепции развития аутсорсинга в холдинге «РЖД». ЦУР должен был обеспечивать повышение эффективности холдинга за счет использования аутсорсинга, а также быть координирующим центром по вопросам аутсорсинга, включая риски снижения комплексной эффективности движения поездов, связанные с его внедрением.

Распоряжением [1] были введены в действие концепция [2] развития аутсорсинга в холдинге «РЖД» и план [3] ее реализации. Ответственным за контроль выполнения и изменения этого плана был назначен заместитель генерального директора ОАО «РЖД» А. К. Старков, ответственный за вопросы корпоративного управления дочерними и зависимыми обществами, управление и распоряжение имуществом. Он был назначен куратором распространения передового опыта в области аутсорсинга. Данная работа должна была непосредственно выполняться ЦНТИБ и ЦУР. Центр научно-технической информации и библиотек – филиал ОАО «РЖД» (ЦНТИБ) – занимается сбором, обработкой, формированием, переводом, изданием и распределением информации, заимствуя ее из внешних источников.

В концепции [2] приводятся термины и определения. Рассматриваются критерии определения эффективности и ТЭО использования аутсорсинга. Предлагается инструментарий для принятия решения о целесообразности аутсорсинга. Приводится организационная схема принятия решения о выделении отдельных видов работ для передачи на аутсорсинг, включающая в себя перечень задач достижения цели аутсорсинг-проекта. Регламентируется организация управления жизненным циклом аутсорсинг-проектов. Предъявляются требования к АС МПА – Автоматизированной системе мониторинга применения аутсорсинга. Отдельный раздел выделен для рассмотрения рисков при использовании аутсорсинга. Указываются требования к договорам на оказание аутсорсинговых услуг с учетом рисков.

Выделяются этапы, задачи и мероприятия, обеспечивающие достижение целей развития системы аутсорсинга.

Первый этап (2017–2018 г.) – формирование нормативно-методологической базы, включая формирование и внедрение системы учета, совершенствование действующих аутсорсинговых отношений и отработка механизмов бэксорсинга и вывода потенциально аутсорсинговых бизнес-процессов на внешний рынок.

Второй этап (2019–2020 г.) – совершенствование методик применения аутсорсинга, завершение автоматизации аутсорсинга, заключение долгосрочных договоров аутсорсинга.

Третий этап (2021–2030 г.) – обеспечение целевого состояния аутсорсинга, под которым понимается самостоятельное выполнение ОАО «РЖД» бизнес-процессов, передача которых на рынок невозможна по причине отсутствия рынка и возможности его развития, а также неприемлемых рисков и технологических ограничений. Целевое состояние предусматривает повышение эффективности выполнения ключевых бизнес-процессов.

В приложении к концепции рассмотрены правовые аспекты использования аутсорсинга. Указывается, что изменение и расторжение договоров регламентируется нормами [4, гл. 29], а возмездное оказание услуг – нормами [5, гл. 39]. Действуют базовые распоряжения [6, 7], определяющие цели и порядок использования аутсорсинга, а также приказ [9] «О договорной и претензионной работе в ОАО «РЖД».

План реализации Концепции развития аутсорсинга в холдинге «РЖД» [3] включает в себя следующие разделы: развитие механизма реализации аутсорсинг-проектов, включая формирование перечня потенциально передаваемых на аутсорсинг-процессов Холдинга «РЖД»; повышение экономической эффективности применения аутсорсинга; совершенствование системы учета и контроля применения аутсорсинга; методическое обеспечение применения и развития аутсорсинга. В качестве ответственных исполнителей плана, помимо ранее указанных, задействованы ЦЭУ, ЦТЕХ, ЦЖД, ЦЛ, филиалы, ЦКИ, ЦКАДР, АНО Корпоративный университет. Следует отметить, что план выполняется с отставанием. Важнейшим документом является распоряжение [10]. Оно предусматривает создание комиссии и рабочей группы по аутсорсингу; утверждает положения [12, 13], регламентирующие их работу, а также их состав [10, 13].

Также этим распоряжением утверждены изменения [6], которые вносятся в базовое распоряжение [7], которое отменяет ряд предшествующих распоряжений, регламентирующих аутсорсинг, а также утверждает Положение [8] «О принятии решения о прекращении выполнения отдельных видов работ с использованием трудовых ресурсов и средств труда ОАО «РЖД».

В [16] приводится методика экспертной оценки бизнес-процессов (БП) ОАО «РЖД» по критериям передачи на аутсорсинг. В этом документе приводятся требования к экспертным группам. Используются глоссарии [17]. Основным понятием методики [16] является матрица аутсорсинга. Под которой понимается инструмент визуального менеджмента, предлагающий принципиальные решения по применению аутсорсинга к бизнес-процессам в зависимости от их стратегической важности и эффективности реализации по сравнению с рынком [2]. Формирование матрицы аутсорсинга включает в себя следующие этапы: анализ деятельности подразделения ОАО «РЖД» и выделение БП в соответствии с [18]; экспертная оценка БП по критериям передачи на аутсорсинг, с использованием одноименной методики (см. приложение № 3 методики [16]) и заполнением результатов в виде таблицы, форма которой приводится в приложении № 1 методики [16]; формирование с использованием приведенной в [16] методики матрицы аутсорсинга по форме, приведенной в приложении № 2 [16], и ее утверждение.

В [19] утверждены рекомендации для подразделений ОАО «РЖД» для подготовки организационно-распорядительных документов по вопросам организации аутсорсинга (приказы о создании рабочих органов, назначении ответственных, планы реализации аутсорсинг-проектов и т. д.).

При планировании аутсорсинга нужно учитывать [20].

Следует отметить, что имеются трудности по доступу к актуальной нормативной базе, информация недостаточно хорошо структурирована. Так, было бы удобно иметь один документ вместо трех [6–8]. Более того, назрела необходимость в обновлении рассмотренной нормативной базы, а также и в обобщении всех документов «РЖД» по аутсорсингу в одном. Также не соответствует требованию сегодняшнего времени отсутствие свободного доступа из интернета к актуальным нормативным отраслевым документам на сайтах «РЖД» и Минтранса, в том числе студентам и преподавателям учебных заведений. Также целесообразно обеспечить доступ из интернета к Архиву отмененных документов. Следует отметить, что по мнению многих специалистов и граждан РФ статус «РЖД», который определяется тем, что оно является ОАО, является заниженным. Так как РЖД имеет стратегическое значение для стремительного развития страны, то требуются изменения, которые бы вызвали стремительное развитие отраслевых фундаментальных и прикладных исследований, а на их основе высшего образования и техники, с формированием мощного экспортного направления. Требуют рассмотрения проблемы фактического уменьшения участия отраслевых вузов в решении задач развития железнодорожной отрасли, увеличения учебной нагрузки преподавателей в ущерб качественной подготовке к занятиям, проведению фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ. Что касается аутсорсинга, то нужно иметь в виду, что при неправильном его использовании из средства повышения эффективности работы отрасли он легко может стать инструментом нанесения ущерба.

Список литературы

1 Об утверждении концепции развития аутсорсинга в холдинге «РЖД» и плана ее реализации: распоряжение ОАО «РЖД» № 1420р от 30.06.2017 г.

2 Концепция развития аутсорсинга в холдинге «РЖД», утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» № 1420 от 30 июня 2017 г.

- 3 План реализации концепции развития аутсорсинга в холдинге «РЖД», утвержденный распоряжением ОАО «РЖД» № 1420 от 30 июня 2017 г.
- 4 Гражданский кодекс Российской Федерации (Ч. 1 от 30.11.1994 № 51-ФЗ; ред. от 03.08.2018, подгот. на осн. изм., внесенных Федеральным законом от 29.07.2017 № 217-ФЗ).
- 5 Гражданский кодекс Российской Федерации (Ч. 2 от 26.01.1996 № 14-ФЗ; ред. от 29.07.2018).
- 6 Изменения, которые вносятся в распоряжение ОАО «РЖД» от 4 сентября 2013 г. № 1899р «О принятии решения о прекращении выполнения отдельных видов работ (операций) с использованием трудовых ресурсов и средств труда ОАО «РЖД», утверждены распоряжением ОАО «РЖД» № 1486р от 26 июля 2017 г. (в ред. Распоряжения ОАО «РЖД» № 1746р от 30.08.2017).
- 7 О принятии решения о прекращении выполнения отдельных видов работ с использованием трудовых ресурсов и средств труда ОАО «РЖД»: распоряжение ОАО «РЖД» № 1899р от 04.09.2013 г. (учитывать изменения, указанные в [6]).
- 8 Положение «О принятии решения о прекращении выполнения отдельных видов работ с использованием трудовых ресурсов и средств труда ОАО «РЖД», утверждены распоряжением ОАО «РЖД» № 1899р от 04 сентября 2013 г. (в ред. Распоряжений ОАО «РЖД» № 2798р от 01.12.2014, № 2995р от 18.12.2015, № 1486р от 26.07.2017, Приказа ОАО «РЖД» № 22 от 30.03.2015). (Учитывать изменения, указанные в [6]).
- 9 Приказ «О договорной и претензионной работе в ОАО «РЖД» № 15 от 30 марта 2016 г.
- 10 Распоряжение ОАО «РЖД» «Об организации работы ОАО «РЖД» в сфере аутсорсинга» № 1486р от 26 июля 2017 г. (в ред. Распоряжения ОАО «РЖД» № 1746р от 30.08.2017).
- 11 Состав комиссии ОАО «РЖД» по аутсорсингу, утвержден распоряжением ОАО «РЖД» № 1486р от 26 июля 2017 г. (В ред. Распоряжения ОАО «РЖД» № 1746р от 30.08.2017).
- 12 Положение о комиссии ОАО «РЖД» по аутсорсингу, утверждено распоряжением ОАО «РЖД» № 1486р от 26 июля 2017 г. (в ред. Распоряжения ОАО «РЖД» № 1746р от 30.08.2017).
- 13 Положение о рабочей группе по аутсорсингу, утверждено распоряжением ОАО «РЖД» № 1486р от 26 июля 2017 г. (в ред. Распоряжения ОАО «РЖД» № 1746р от 30.08.2017).
- 14 Состав рабочей группы по аутсорсингу, утвержден распоряжением ОАО «РЖД» № 1486р от 26 июля 2017 г. (В ред. Распоряжения ОАО «РЖД» № 1746р от 30.08.2017).
- 15 О принятии решения о прекращении выполнения отдельных видов работ с использованием трудовых ресурсов и средств труда ОАО «РЖД»: распоряжение ОАО «РЖД» № 1899р от 4 сентября 2013 г.
- 16 Методика экспертной оценки бизнес-процессов ОАО «РЖД» по критериям передачи на аутсорсинг, утверждена распоряжением ОАО «РЖД» № 173р от 31 января 2018 г.
- 17 Глоссарии терминов и определений в области управления процессами ОАО «РЖД», утверждены распоряжением ОАО «РЖД» № 2426р от 27.10.2017.
- 18 Методика проектирования, анализа и совершенствования процессов утверждена распоряжением ОАО «РЖД» № 2426р от 27 ноября 2017 г.
- 19 Об утверждении рекомендаций по применению проектного подхода при реализации аутсорсинг-инициатив: Распоряжение ОАО «РЖД» № 135р от 26 января 2018 г.
- 20 Положение о порядке распоряжения недвижимым имуществом ОАО «РЖД» утверждено приказом ОАО «РЖД» от 7 ноября 2008 г. № 150 (Список изменяющих документов в ред. приказов ОАО «РЖД»: № 120 от 15.06.2009, № 108 от 01.10.2012, № 17 от 08.04.2014, № 2666р от 10.11.2015, № 10 от 16.02.2017, № 119 от 11.12.2017, № 58 от 01.08.2018).

УДК 656.254

ОЦЕНКА НАРУШИТЕЛЕЙ ПО РЕАЛИЗАЦИИ УГРОЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

А. С. КАЗАКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Безопасность движения поездов – один из основных критериев качества работы железной дороги. Постоянно совершенствуются системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ). В современных условиях это становится возможным за счет увеличения степени автоматизации, миниатюризации устройств, использования микропроцессорной элементной базы. Вследствие особенностей реализации современные СЖАТ стали более чувствительны к электромагнитному излучению, чем релейные аналоги. Вместе с этим развитие сверхширокополосных генераторов электромагнитного излучения привело к возможности проявления актов терроризма в отношении таких систем.

В существующих научных работах основной упор делается непосредственно на разработку методов оценки воздействующего сверхширокополосных излучения, его детекции, разработку методов защиты устройств. Подобное фокусирование оставляет без должного внимания другие аспекты атаки: сценарии атаки, характеристики злоумышленника, доступные средства и т. д.

Европейским союзом в рамках «Seventh Framework Programme» в проекте SECRET (SECurity of Railways against Electromagnetic aTtacks), основной целью которого является оценка рисков и по-

следствий электромагнитных (ЭМ) атак на системы железнодорожной автоматики и телемеханики, было выделено три основных вида ЭМ-атак:

1 ЭМ-атаки, целью которых является разрушение электронного оборудования.

2 ЭМ-атаки, целью которых является изменение передаваемой информации для отправки ложной информации компонентам железнодорожных систем.

3 ЭМ-атаки, которые нацелены на блокировку передаваемой информации между компонентами железнодорожной системы, чтобы нарушить работу системы и повлиять на ее возможности.

Экспертами наиболее вероятной признана атака, направленная на блокировку передаваемой информации, что является нарушением доступности устройств системы посредством блокировки информации, необходимой для их нормального функционирования. Главным защищаемым объектом в области информационной безопасности (ИБ) является информация. Одним из ключевых принципов информационной безопасности является доступность информации. Отсюда следует, что некоторые аспекты электромагнитной атаки, например, характеристика злоумышленника, мотивы атаки, сценарии атаки, могут быть описаны с точки зрения аналогичных понятий информационной безопасности.

Правильная оценка характеристик злоумышленника позволяет определить наиболее вероятные сценарии атаки, используемые средства, цели атаки, а также подобрать наиболее подходящие методы реагирования. В 2015 году Федеральной службой по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК) России была сформулирована и опубликована «методика определения угроз безопасности информации в информационных системах», в которой сформулированы принципы оценки нарушителей информационной системы.

Микропроцессорные системы железнодорожной автоматики и телемеханики, являясь критически важными объектами инфраструктуры (КВОИ), представляют интерес в качестве цели для различных видов злоумышленников. Ниже (таблица 1), приведены характеристики наиболее вероятных субъектов, осуществляющих атаку, с учетом факторов, влияющих на их деятельность. Используются принципы, описанные в методике ФСТЭК.

При оценке возможностей злоумышленников необходимо исходить из условий, что для повышения своих возможностей «спецслужбы» могут вступать в сговор с сотрудниками, обслуживающими объект. Опираясь на приведенные в методике ФСТЭК оценки потенциала злоумышленника, сотрудники, специалисты, обслуживающие систему управления (профессионалы) и не обслуживающие систему (непрофессионалы), являются нарушителями с базовым (низким) потенциалом.

Таблица 1 – Характеристики вероятных нарушителей, факторы влияющие на их деятельность

Факторы	Субъекты			
	Специальные службы иностранных государств (блоков государств)	Террорист	Сотрудник организации, не обслуживающий объект (непрофессионал)	Сотрудник, специалист, обслуживающий объект (профессионал)
Временной	Ограничение по срокам выполнения поставленной задачи	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Территориальный	Ограничен территорией собственного государства	Отсутствует	Ограничен территорией ЖД	Ограничен территорией ЖД
Набор средств для осуществления задачи	Широкие возможности выбора средств	Более ограниченный набор средств, чем у спецслужб	Случайные средства	Более ограниченный набор средств, чем у спецслужб
Условия работы (наличие инструкций)	Присутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют
Условия работы (секретность)	Присутствует	Присутствует	Отсутствует	Присутствует
Условия работы (методы воздействий)	Стандартные (рекомендованные)	Нестандартные или (и) стандартные	Случайные	Нестандартные или (и) стандартные
Условия работы (характер выбора объекта воздействия)	Обязательный	Необязательный	Случайный	Необязательный

Такие нарушители имеют возможность получить информацию об уязвимостях отдельных компонентов системы, имеют возможность получить информацию о методах и средствах реализации угроз безопасности, опубликованных в общедоступных источниках, и (или) самостоятельно создают методы и средства реализации атак и осуществляют их. Террористы обладают всеми возможностями злоумышленников с базовым потенциалом, однако имеют большее количество ресурсов, та-

ким образом, относятся к злоумышленникам со средним потенциалом и являются наиболее вероятным вариантом злоумышленника. Спецслужбы являются нарушителями с самым высоким потенциалом. Они обладают широкими возможностями по выбору средств, экспертными знаниями в целевой области, большими ресурсами, однако имеют ограничение по времени, сложности с работой на территории иностранных государств и ограничены внутренними инструкциями.

УДК 656.256:519.683.7

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ И КОНФИГУРИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

А. Ю. КАМЕНЕВ, А. А. ЛАПКО

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

Подготовка к эксплуатации современных систем железнодорожной автоматики реализуется еще на этапе их разработки. Важной составляющей данного этапа является автоматизированное проектирование и конфигурирование программно-аппаратных средств систем управления транспортного назначения. Для повышения эффективности процесса конфигурирования программно-аппаратных средств систем железнодорожной автоматики важным направлением является синтез и интеграция современных научных методов и прикладных САД и САЕ-систем.

В недавнем времени для решения указанных задач специалистами Украинского государственного университета железнодорожного транспорта и Научно-производственного предприятия «Желдоравтоматика» (г. Харьков) были разработаны методы графоаналитического моделирования распределенных объектов, которые были интегрированы в состав САЕ-системы EPlan. Пример человеко-машинного интерфейса САЕ-системы, использующей функциональные вершины смешанных графов для задач автоматизированного проектирования, приведен на рисунке 1. При этом показан принцип воспроизведения программно-аппаратных блоков устройств железнодорожной автоматики функциональными вершинами графической модели.

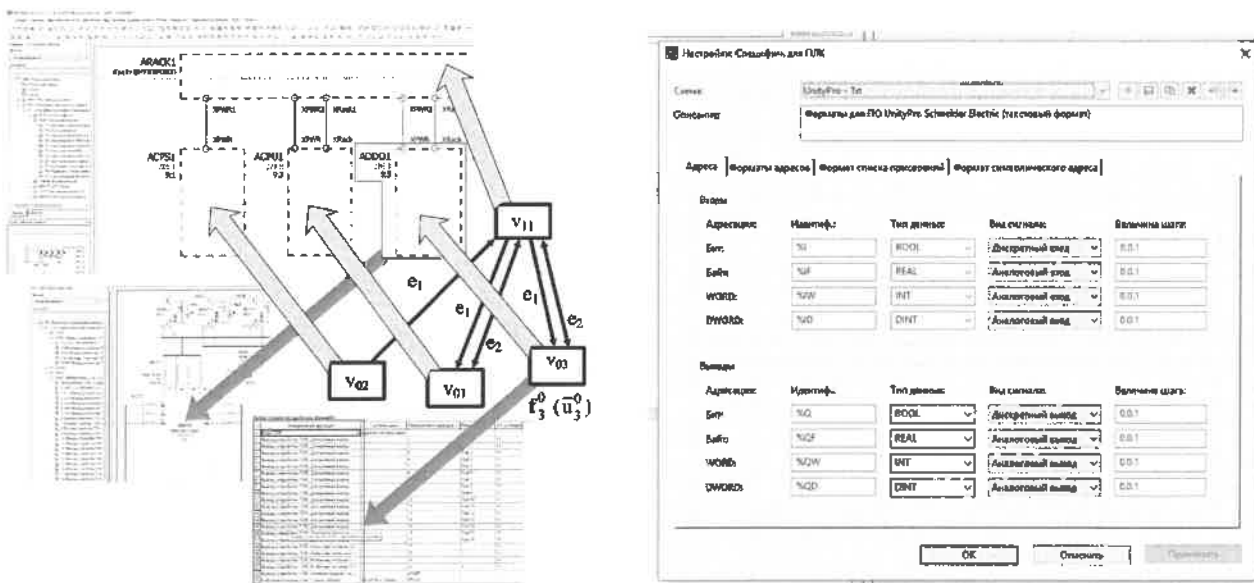


Рисунок 1 – Человеко-машинный интерфейс и принцип графо-функционального моделирования в САЕ-системе EPlan

В особенности вопрос касается микропроцессорных систем железнодорожной автоматики, главным образом – централизации стрелок и сигналов. Технологическим объектом таких систем является путевое развитие железнодорожных станций, исследованию графоаналитического воспроизведения которого посвящен ряд научных трудов авторов данного доклада. Отдельного внимания заслуживает при этом совершенствование методов конфигурирования моделей для испытаний таких систем.

Указанные выше модели должны быть разработаны по отдельным процедурам по сравнению с основными средствами информационно-управляющих систем транспортного назначения.

Использование возможностей задания функций позволяет адаптировать прикладное программное обеспечение под обновленную конфигурацию технологического объекта, что позволяет сделать графическую модель (рисунок 2).

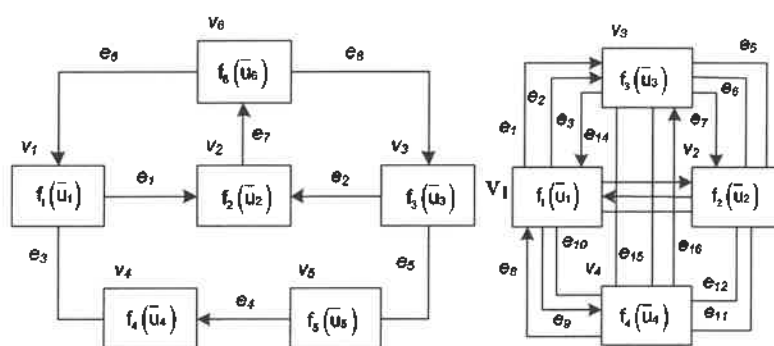


Рисунок 2 – Примеры реализации графо-функциональных моделей

Указанные возможности обеспечивают также добавление новых типов объектов управления и контроля и возможность задания дополнительных динамических свойств существующим объектам без корректировки исходного кода. Таким образом дополнительно минимизируются трудозатраты разработчиков программного обеспечения при подготовке нового проекта внедрения или при реконструкции автоматизированной системы управления.

В частности, при проектировании микропроцессорных систем управления с применением разработанных графоаналитических методов САЕ-система EPlan предоставляет широкие возможности для работы с программируемыми логическими контроллерами (ПЛК). Программы конфигурации ПЛК и EPlan имеют разный порядок представления данных конфигурации. Когда в EPlan представляются детали электротехнического оборудования, в программах настройки ПЛК не используется логический порядок представления для программирования ПЛК. Например, EPlan содержит функции выводов устройств ПЛК, которые предназначены для электропитания. Эти выводы устройств не нужны в программе конфигурации ПЛК. И наоборот, в настройках ПЛК содержится информация об интерфейсе и переменных в их взаимосвязи с логическими выводами ПЛК. Переменные и конфигурация в последующем передаются через файлы обмена в специальную программу разработчика ПЛК, где и будут по алгоритмам задаваться функциональные и технологические преобразования. Данные, которые программа обработки не находит в файле обмена из-за того, что другая обработка не распознает их, добавляются при импорте данных. Так что именно использование предложенного метода графоаналитического моделирования позволяет на этапе предварительного планирования проекта оптимально использовать возможности EPlan как средства САЕ (см. рисунок 1). Идентификация устройств как в EPlan, так и в программе настройки ПЛК выполняется или с обозначением типа ПЛК, или путем указания файла основных данных устройства. С помощью этих свойств также выполняется присвоение продуктов при импорте файлов настройки ПЛК (см. рисунок 1).

В структуре дерева диалогового окна навигатора ПЛК можно выбрать различные виды для отображения данных ПЛК. Во всех видах отображаются все существующие в проекте данные ПЛК (параметры), то есть блоки ПЛК, выводы устройств ПЛК и шаблоны функций. При этом отражены как пустые блоки ПЛК, так и блоки ПЛК, содержащие только шаблоны функций.

Специфическими настройками блоков управления ПЛК систем шин можно создавать обмен с различными программами настройки ПЛК. Обмен данными ПЛК имеет в основе отдельный файл обмена, который реализует одну программу обработки и читает другую. Этим файлом легко могут обмениваться в автоматизированном порядке инженер-проектировщик EPlan и инженер-программист ПЛК. Настройка обмена выполняется в целом для всего проекта EPlan с помощью специального диалогового интерфейса (см. рисунок 1).

В общем случае изменению могут подлежать следующие данные конфигурации: данные аппаратного обеспечения используемых устройств; создание каркаса информации об изделиях; таблица символов (которая может называться списком присвоений, таблицей изменений и т. п.); назначение символьного программного адреса адресу технического обеспечения.

СПЕЦИФИКА РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ В СООТВЕТСТВИИ С СОВРЕМЕННЫМИ СТАНДАРТАМИ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В. А. КАНДАЛОВ, Ю. Э. ПОНОМАРЕВ, В. В. КАМЕНСКИЙ

Ростовский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Стандарты ГОСТ Р МЭК 61508 и IEC 61508 являются базовыми для Российских и Европейских стандартов, определяющих порядок разработки устройств, к которым предъявляются требования функциональной безопасности. На рисунке 1 представлены требования к устройствам железнодорожной автоматики и телемеханики в разрезе программной и аппаратной части, предъявляемые общими и отраслевыми стандартами.



Рисунок 1 – Требования к аппаратной и программной части устройств

Согласно стандартам ГОСТ Р МЭК 61508 и IEC 61508 отказы делятся на 2 типа: систематические и случайные. Систематические отказы определяются ошибками спецификации, проектирования, кодирования программного обеспечения; защита от них строится средствами организации жизненного цикла, к которым относятся верификация всех этапов жизненного цикла на соответствие требованиям и валидация (валидационное тестирование) конечного продукта. Случайные отказы рассчитываются как вероятности выхода из строя аппаратных средств, защита от них как правило определяется архитектурными решениями. По стандартам все методы можно разделить на две группы: организационные и технические. К организационным методам относятся: реализация жизненного цикла, применение стандартов кодирования, контроль производства аппаратных средств. К техническим методам относятся: разнообразие или диверсность, резервирование, защита от окружающих воздействий, независимость и разделение компонентов, самодиагностика.

Основные организационные методы защиты от систематических ошибок описаны в приложениях ГОСТ Р МЭК 61508. В качестве примера рассмотрим систематическую составляющую программного обеспечения. При написании программного кода следует уделить большое внимание правилам кодирования и стандартам, используемым при кодировании. Известным стандартом при программировании на языке «СИ» является «MISRA-C», его применение улучшает безопасность системы. При этом существуют статические анализаторы, способные проверять исходные тексты программ на соответствие правилам «MISRA-C». Таким образом, использование мирового стандарта «MISRA-C» при разработке программного обеспечения совместно со статическим анализатором кода существенно повышает стойкость кода к систематическим отказам. Частичного диверситета программного обеспечения можно достигнуть за счет применения различных алгоритмов разработки ПО. Полный диверситет программного обеспечения достигается только тогда, когда имеются две различные спецификации требований на программное обеспечение, разные команды программистов, разные средства программирования устройств при производстве т. е. данные программы должны быть абсолютно разными и процесс программирования устройств тоже должен быть разным. Также при разработке программных средств необходимо защититься от ошибок инструментальных средств. Самым критичным ПО с точки зрения инструментальных средств являются компилятор и линкер. Разнообразия инструментальных средств можно достигнуть, используя компиляторы «ARMCC» и «GCC». При этом некоторые версии

«ARMCC» имеют сертификацию TUV на соответствие SIL-3 согласно IEC 61508, а «GCC» успешно применяется при разработке ПО беспилотных летательных аппаратов и имеет открытые исходные коды, что позволяет однозначно определить поведение инструментального средства. Как видно из таблицы 1, при генерации кода компиляторами «ARMCC» и «GCC» микроконтроллеры используют различные рабочие регистры и команды в разной последовательности, что также уменьшает вероятность отказов по общей причине (Common Cause Failure, CCF).

Таблица 1 – Сравнение кодов сгенерированных компиляторами

Команда на языке «СИ» (ISO/IEC 9899) : MDR_PORTE->CLRTX =0x0040	
«GCC»	«ARMCC»
LDR r3, [pc, #20]	MOVS r0, #0x40
MOVS r2, #64 ; 0x40	LDR r1, [pc, #16] ; @0x0000072C
STR r2, [r3, #36]	STR r0, [r1, #0x24]

Рассмотрим методы защиты от случайных ошибок на примере устройства, управления электромагнитным реле, представленного на рисунке 2. Для того чтобы определить методы защиты, необходимо выявить опасные отказы оборудования. Как известно, реле управляется подачей напряжения на его обмотку, в этом случае опасным отказом для данного устройства будет несанкционированное появление напряжения, достаточного для срабатывания реле. Данное устройство строится на архитектуре 2 из 2.

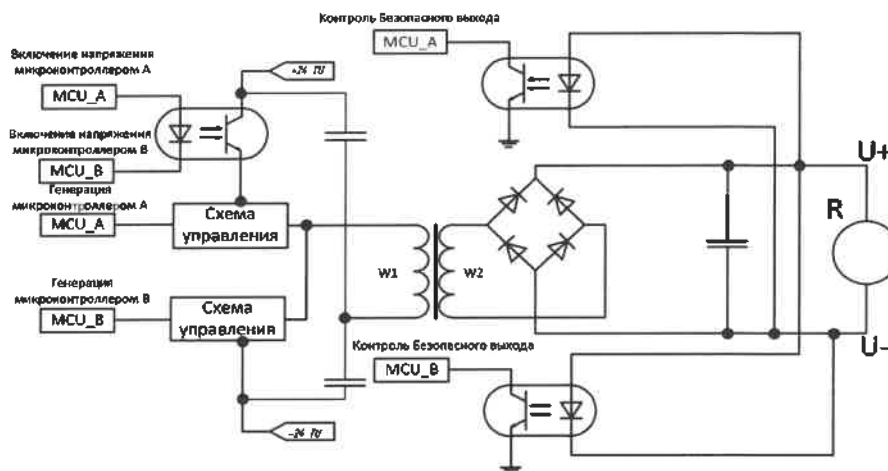


Рисунок 2 – Схема безопасного сопряжения

Опасный отказ возможен только в случае, если одновременно произойдут 4 отказа:

- 1) включается напряжение питания «+24 ТУ» на выходе генератора;
- 2) MCU_A генерирует последовательность импульсов на выходе;
- 3) MCU_B генерирует последовательность импульсов на выходе;
- 4) система контроля выходного напряжения не работает и не производит отключение нагрузки.

Вероятность того, что одновременно произойдут все 4 события является крайне низкой.

Таким образом, в качестве методов повышения функциональной безопасности рекомендуется применять:

- 1) диверсификацию программно-аппаратных средств;
- 2) самодиагностику всех ресурсов микроконтроллеров (ОЗУ, ПЗУ, АЛУ, рабочие регистры и т. д.), а также узлов устройства;
- 3) снижение параметров элементов схем относительно предельных значений (De-rating) для обеспечения лучших эксплуатационных характеристик и снижения вероятности отказов.

Все перечисленные методы могут быть использованы при разработке устройств железнодорожной автоматики и телемеханики.

Список литературы

- 1 Долгий, А. Г. Система Диспетчерского контроля и управления движением поездов «ДЦ-ЮГ с РКП» / И. Д. Долгий, А. Г. Кулькин, 2010. – 468 с.
- 2 Гибридная система централизации стрелок и светофоров / И. Д. Долгий, А. Г. Кулькин, 2012. – 388 с.

Таким образом, интеграция предложенного метода графо-функционального моделирования с прикладным пакетом EPlan позволяет формализовать процесс постановки задач разработчикам аппаратного и программного обеспечения. Это делается путем сочетания функциональных вершин с компонентами проектируемой системы и соответствующими им интерфейсными окнами. Аналогичные подходы могут быть применены к другим системам САЕ или САПР с учетом специфики таких систем.

УДК 656.25

ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ОТКАЗОВ НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

В. Л. КАТКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Постоянное развитие и исследование в области железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) ведет к появлению новых сложных технических систем и электронных устройств. Современные тенденции развития ЖАТ – это повсеместное внедрение информационных технологий, переход к цифровым системам, объединение возможностей различных устройств и другое, но неизменным остается требование к обеспечению безопасности и надежности данных систем. Обязательным требованием до внедрения нового устройства в эксплуатацию является его анализ на предмет поведения при возникновении отказов.

Отказ – нарушение работоспособности объекта, при котором система или элемент перестают выполнять целиком или частично свои функции. Неконтролируемые отказы недопустимы в устройствах ЖАТ. Необходимо точно знать, к каким последствиям приведет тот или иной отказ, чтобы предвидеть сбой системы и внести дополнительные меры для его исключения.

Научно-исследовательская лаборатория «Безопасность и ЭМС технических средств» БелГУТа проводит научно-техническую экспертизу и испытания на безопасность функционирования, электромагнитную совместимость и поиск опасных отказов в микроэлектронных и компьютерных системах управления ответственными технологическими процессами, в том числе в системах железнодорожной автоматики и телемеханики.

Существует несколько методов проведения анализа последствий отказов:

- техническая экспертиза предполагает выполнение анализа безопасности функционирования человеком-экспертом;
- лабораторные испытания образцов устройства предполагают физическое внесение отказов элементов в устройство с последующей проверкой правильности функционирования;
- имитационное моделирование предполагает создание модели реального объекта и проведение обязательных испытаний на данной модели посредством воспроизведения на ЭВМ (имитации) процесса функционирования исследуемой системы.

В настоящее время сложность разрабатываемых схем увеличилась настолько, что применение лишь первого или второго из вышеперечисленных методов не целесообразно: например, человек-эксперт не сможет точно описать изменение формы сигналов после отказа внутри цифровой микросхемы, а создание лабораторного стенда с последующим внесением отказов значительно повысит трудоемкость и стоимость проведения испытания.

Оптимальным решением является компьютерное имитационное моделирование. Имитационная модель в этом случае замещает материальный объект. Модель всегда проще объекта. Она отражает только некоторые его свойства, необходимые для проведения определенного анализа. Стоит упомянуть, что разработка и исследование имитационной модели невозможны без предварительного анализа электронной схемы, тем самым выполняется первый метод проведения анализа последствий отказов – человек, выполняющий моделирование, проводит экспертную оценку функциональных блоков устройства, анализирует предоставленную документацию. Тем самым, даже не приступив непосредственно к созданию имитационной модели, может быть обнаружен критический момент в анализируемой схеме.

Сегодня компьютерное имитационное моделирование является важнейшей частью при проведении анализа последствий отказов электронных устройств. Это обусловлено следующими причинами:

- многократным повышением сложности современных устройств;
- необходимостью сокращения сроков и стоимости проведения;
- наличием специализированного программного обеспечения с эффективными алгоритмами.

Современное программное обеспечение моделирования электронных цепей представляет собой целый комплекс различных инструментов – виртуальные лаборатории, включающие обширные библиотеки электронных компонентов с проверенными моделями. Перечислим основные функциональные возможности:

- анализ по постоянному току;
- анализ по переменному току;
- анализ переходных процессов;
- параметрический анализ;
- температурный анализ
- построение графиков и осциллограмм результатов.

Вот уже десятки лет эталонной программой моделирования электронных цепей и устройств является SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis). За долгие годы присутствия на рынке у программы появились различные модификации. Модели электронных компонентов в формате SPICE используются большинством других программ схемотехнического моделирования. Электронные компоненты в программах компьютерного моделирования представляются в виде схем замещения или моделей. Достоверность результатов моделирования зависит от того, насколько точно модель учитывает характеристики реального электронного компонента.

В настоящее время на рынке программного обеспечения можно насчитать десятки пакетов для проведения имитационного моделирования электронных схем, такие как LTspice, PSpice A/D, ngSpice, Multisim.

Вышеперечисленные пакеты являются мощными инструментами для выполнения моделирования электронных схем, однако они напрямую не приспособлены для проведения анализа последствий отказов. При исследовании электронной схемы устройства ЖАТ необходимо получить результаты о работе схемы при отказе каждого электронного компонента. Так, например, для резистора существуют отказы вида «обрыв» и «короткое замыкание», а для транзистора – «обрыв одного электрода», «короткое замыкание парных или всех электродов», «короткое замыкание двух электродов, причем третий оборван» и т. д. Получается, что к определенному электронному компоненту применяется несколько видов отказов, а общее количество компонентов на схеме может исчисляться тысячами. Таким образом, не только значительно увеличивается трудоемкость процесса проведения анализа, но и появляется возможность совершения человеческой ошибки.

Очевидна необходимость автоматизации процесса внесения отказов в схему. Это подразумевает, что необходимо разработать программное средство, в котором будет реализована возможность исследования подготовленной электронной схемы. По заказу НИЛ «БЭМС ТС» в настоящее время ведется процесс разработки такого ПО. Средство автоматизации будет базироваться на эталонной программе моделирования SPICE, неоспоримыми достоинствами которой являются:

- большое количество библиотек с моделями электронных компонентов;
- возможность редактирования и создания новых моделей;
- возможность анализа схемных решений в различных режимах;
- удобное представление результатов моделирования.

В разрабатываемом программном продукте должны быть реализованы следующие требования:

- загрузка подготовленной электронной схемы;
- выбор элементов схемы для внесения отказов;
- выбор видов отказов из общего перечня;
- протоколирование результатов проведения испытания.

Применение компьютерного моделирования как на этапе разработки, так и при проведении сертификации является необходимым условием для достижения высоких стандартов железнодорожного транспорта. Однако в настоящее время существующие программные пакеты не позволяют полностью удовлетворить потребности процесса проведения анализа электронных схем устройства. Необходимо разработать собственное средство автоматизации, внедрение которого позволит автоматизировать рутинный процесс внесения отказов, тем самым снизив влияние человеческого фактора, а также значительно сократит временные и трудовые затраты на проведение анализа.

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА НА МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ УЗЛЫ ПРИ РЕМОНТЕ АППАРАТУРЫ ЖАТ МЕТОДОМ БЕРЖЕРОНА

Д. В. КОМНАТНЫЙ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Импульсные разряды статического электричества могут повреждать микроэлектронные элементы в узлах современных систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) во время ремонта и профилактического обслуживания в сервисных центрах. Для обеспечения требуемого уровня безопасности при эксплуатации этих систем требуется разработать методы и математические модели, которые дают возможность прогнозировать последствия воздействия электростатического разряда (ЭСР) на аппаратуру СЖАТ в рассматриваемом случае.

Поскольку СЖАТ являются системами обеспечения безопасности движения поездов, то к результатам математического моделирования их помехоустойчивости предъявляются особо высокие требования в части достоверности и обоснованности результата. Ошибка в прогнозе электромагнитной совместимости такой системы грозит крайне серьезными последствиями для безопасности движения поездов. Одним из общепринятых методов обеспечения достоверности результата является решение задачи двумя независимыми способами.

При ЭСР на микроэлектронные узлы аппаратуры СЖАТ во время ремонта импульс разряда попадает непосредственно на линии связи узла, выполненного в виде печатной платы. Линии связи печатных плат моделируются цепью с распределенными параметрами без потерь. Распространение импульсных напряжений в такой цепи является переходным процессом и описывается волновым уравнением Даламбера гиперболического типа. Решение уравнения Даламбера может быть получено в аналитической форме методом характеристик, который восходит к трудам Л. Эйлера, Г. Монжа и О. Коши. Этот метод адаптирован к решению задач о переходных процессах в электрически длинных линиях без потерь. Адаптация имеет специальное название – метод Бержерона. Этот метод может быть сформулирован в аналитической и графической формах.

В аналитической форме расчетные соотношения метода Бержерона записываются следующим образом:

$$\begin{aligned} u(0, t) &= Z_0 i(0, t) + u(l, t - T_p) - Z_0 i(l, t - T_p), \\ u(l, t) &= -Z_0 i(l, t) + u(0, t - T_p) + Z_0 i(0, t - T_p), \end{aligned}$$

где u – напряжение в линии, В; t – время, с; l – длина линии, м; Z_0 – волновое сопротивление линии, Ом; i – ток в линии, А; T_p – время распространения импульса вдоль линии, с.

Для проведения расчетов в форме, принятой в теории цепей, на основании этих выражений формируются схемы замещения для расчета тока и напряжения в начале и в конце линии. Каждая такая схема замещения представляет собой простейшую цепь последовательного соединения, в которую входят нагрузка конца или начала линии, резистор, сопротивление которого численно равно волновому сопротивлению линии, и источник ЭДС. ЭДС этого источника определяется значениями тока и напряжения на противоположном конце линии в момент времени $t - T_p$. Таким образом, формулы для расчета указанных ЭДС имеют вид

$$\begin{aligned} E(0, t) &= u(l, t - T_p) - Z_0 i(l, t - T_p), \\ E(l, t) &= u(0, t - T_p) + Z_0 i(0, t - T_p). \end{aligned}$$

Анализ переходных процессов по этим схемам замещения значительно упрощается. Кроме того, в задачах электромагнитной совместимости основной интерес представляют значения тока и напряжения в нагрузке линий. Следовательно, метод Бержерона позволяет провести вычисление параметров электромагнитной совместимости микроэлектронной техники.

При расчете переходных процессов воздействия ЭСР на линию связи печатной платы импульс напряжения ЭСР в начале линии имеет экспоненциальную форму

$$u(t) = U_0 e^{-\alpha t},$$

где U_0 – амплитуда импульса, В; α – постоянная времени импульса, 1/с.

Внутреннее сопротивление источника ЭСР при воздушном разряде можно принять равным 0 Ом, так как сопротивление искры разряда очень мало. Нагрузка на конце линии предполагается чисто омической R_n . Тогда расчетные соотношения для этого случая имеют вид

$$u(l, t) = \left(u(0, t - T_p) + Z_n i(0, t - T_p) \right) \frac{R_n}{R_n + Z_n},$$

$$i(l, t) = \frac{u(0, t - T_p) + Z_n i(0, t - T_p)}{R_n + Z_n},$$

$$u(0, t) = 0, \quad i(0, t) = -1 \left(\frac{u(l, t - T_p)}{Z_n} - i(l, t - T_p) \right).$$

Результаты расчетов по приведенным соотношениям можно представить в виде таблицы 1. В этой таблице n – номер импульса, поступившего в нагрузку на конце линии.

Таблица 1 – Напряжение и ток на концах линии при воздействии ЭСР

n	t	$u(0, t)$	$i(0, t)$	$u(l, t)$	$i(l, t)$
	$t = 0$	$u(t) = U_0 e^{-\alpha t}$	$\frac{U_0 e^{-\alpha t}}{Z_n}$	0	0
0	$t = T_p$	–	–	$\frac{2U_0 e^{-\alpha T_p} R_n}{Z_n + R_n}$	$\frac{2U_0 e^{-\alpha T_p}}{Z_n + R_n}$
	$t = 2T_p$	0	$\frac{-2U_0 e^{-\alpha 2T_p} R_n - Z_n}{Z_n R_n + Z_n^2}$	–	–
1	$t = 3T_p$	–	–	$-2U_0 e^{-\alpha 3T_p} \frac{R_n - Z_n}{R_n + Z_n} \frac{R_n}{Z_n + R_n}$	$-2U_0 e^{-\alpha 3T_p} \frac{R_n - Z_n}{(R_n + Z_n)^2}$
	$t = 4T_p$	0	$2 \frac{U_0 e^{-\alpha 4T_p}}{Z_n} \left(\frac{R_n - Z_n}{R_n + Z_n} \right)^2$	–	–
2	$t = 5T_p$	–	–	$2U_0 e^{-\alpha 5T_p} \left(\frac{R_n - Z_n}{R_n + Z_n} \right)^2 \frac{R_n}{Z_n + R_n}$	$2U_0 e^{-\alpha 5T_p} \frac{(R_n - Z_n)^2}{(R_n + Z_n)^3}$

В момент времени $t = nT_p$ напряжение в нагрузке конца линии вычисляется по формуле

$$u(l, t) = 2U_0 e^{-\alpha t} (-1)^n \left(\frac{R_n - Z_n}{R_n + Z_n} \right)^n \frac{R_n}{Z_n + R_n}.$$

Полученное выражение совпадает с решением, полученным по правилу Петерсона – Пффистера в ранее опубликованных работах автора. Правило Петерсона – Пффистера является по физическому смыслу адаптацией для нужд теории цепей известного метода Даламбера падающих и отраженных волн решения волнового уравнения. Поэтому указанное правило и рассмотренный в докладе метод Бержерона являются независимыми и могут использоваться для взаимной проверки. Совпадение результатов расчета обоими методами позволяет считать, что процесс распространения импульса ЭСР по линиям связи микроселекционных узлов аппаратуры СЖАТ при общепринятом в литературе моделировании линии связи электрически длинной линией без потерь рассчитан верно. Следовательно, результаты расчета воздействия импульса ЭСР на узлы этой аппаратуры могут обоснованно использоваться при анализе электромагнитной совместимости систем обеспечения безопасности движения поездов.

Необходимо отметить, что оба метода расчета импульсных и переходных процессов в длинных линиях без потерь имеют сравнимую трудоемкость. В методе Бержерона требуется запись протяженной таблицы. По правилу Петерсона – Пффистера требуется графическое построение временной диаграммы распространения импульса. Поэтому взаимная проверка двух методов не приводит к чрезмерному увеличению затрат времени на расчеты, повышая их достоверность.

К ВОПРОСУ О ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИИ В КАНАЛЕ ИНДУКТИВНОЙ СВЯЗИ АЛС

В. С. КУЗЬМИН, А. К. ТАБУНЩИКОВ, Н. Н. ТИТОВА
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Ю. А. БАРЫШЕВ

Академия стандартизации, метрологии и сертификации, г. Москва, Российская Федерация

На сети железных дорог стран СНГ в настоящее время широко применяются системы управления движением поездов (СУДП), в состав которых входит индуктивный канал передачи. К таким СУДП можно отнести систему автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа (АЛСН), построенную на релейной или микропроцессорной элементной базе, систему многозначной АЛС (АЛС-ЕН), систему АЛС с автоматическим регулированием скорости (АЛС-АРС), а также современные комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ) и безопасный локомотивный объединенный комплекс (БЛОК). Индуктивный канал передачи используется в этих СУДП для односторонней передачи от путевых устройств к бортовой аппаратуре информации о свободе (незанятости) участков пути.

Индуктивный канал передачи информации работает таким образом, что сигнальный ток, протекающий по рельсам, формирует вокруг последних электромагнитное поле. Электромагнитное поле в свою очередь наводит ЭДС в токовых датчиках, выполненных в указанных выше системах в виде приемных катушек с ферромагнитным сердечником.

Стоит учитывать, что на работу индуктивного канала передачи информации оказывают мешающее воздействие помехи от электромагнитных полей:

- от силовых установок и их цепей питания для электрического подвижного состава;
- от токов, протекающих через первую колесную пару;
- создаваемых проводниками, идущими параллельно ходовым рельсам (например, провод контактной сети, рельсовые нити смежных путей, линии связи и электропитания СЦБ);
- магнитные пятна и т. п.

ЭДС, наведенные в приемных катушках от различных электромагнитных полей, складываются в соответствии с принципом суперпозиции. Величина же ЭДС от каждого поля определяется в соответствии с законом электромагнитной индукции и может быть рассчитана как произведение числа витков приемной катушки заданного типа на дифференциал магнитного потока, сцепленного с обмоткой данной катушки. Исходя из вышесказанного представляется возможным считать, что в канале индуктивной связи участок между источниками электромагнитных полей и приемной катушкой, как дифференцирующее звено, оценка влияния которого на помехоустойчивость ранее не производилась. Поэтому в данной работе ставится задача произвести ее при импульсной помехе и передаче кодовых сигналов АЛСН.

Оценка влияния дифференцирующего звена будет производиться путем сравнения соотношения сигнал/помеха на входе и выходе дифференцирующего звена. Для этого рассматриваются аналитические выражения сигнала и импульсных помех, поступающих на локомотивные катушки. Дифференцирование рассматриваемых функциональных зависимостей производится при различных основных параметрах помех и сигналов на входе звена. Поставленная задача требует значительного объема теоретических исследований, направленных как на определение параметров помех, так и параметров самого дифференцирующего звена для каждого типа эксплуатируемых приемных катушек.

Дифференцирование сигнала, основная энергия которого содержится на несущей частоте и в двух боковых составляющих спектра (каким и является сигнал АЛСН), не меняет их основных параметров при передаче из рельсовой нити на вход локомотивного приемника ввиду занимаемой полосы частот (до 15 Гц).

Согласно полученным спектральным плотностям, дифференцирование помехи приводит к ослаблению ее спектральных составляющих и изменению их максимальных значений амплитуд, что в свою очередь приводит к усилению влияния помехи в полосе пропускания локомотивного фильтра по сравнению с отсутствием дифференцирования. При дифференцировании нули спек-

тральной плотности не меняют своего положения и отсутствует постоянная составляющая спектральной функции. Также дифференцирующее звено в канале АЛС приводит к усилению высокочастотных составляющих импульсной помехи, что негативно сказывается на качестве приема и может привести к искажению кодовой комбинации и, как следствие, неверному ее декодированию.

Предварительные результаты исследования воздействия импульсных помех показывают, что наибольшее влияние на соотношение сигнал/помеха на входе локомотивного приемника (или на выходе колебательного контура локомотивного фильтра), оказывают длительность фронта и самого импульса помехи.

На основании вышеизложенного ставится задача снизить мешающее влияние дифференцирующего звена на работу АЛС. Специалистами кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Российского университета транспорта были разработаны два варианта устранения мешающего влияния дифференцирования локомотивными катушками в канале АЛС.

Сущность первого технического решения заключается в применении в качестве токового датчика аналоговых датчиков Холла. Форма сигнала на выходе такого датчика полностью повторяет форму сигнала, принимаемого из рельсовой линии. Если высота подвеса датчиков Холла одинакова, то в обоих наводятся одинаковые сигналы АЛСН и одинаковые сигналы помехи от тягового тока. Датчики соединены таким образом, что полезный сигнал складывается, а сигнал помехи вычитается и равен нулю (как и в существующей системе АЛС с двумя приемными катушками). При этом дифференцирование сигнала и помехи не происходит, так как изменен способ передачи сигналов из рельсовой линии к локомотивным устройствам АЛС: вместо способа индуктивной связи применяется способ, основанный на эффекте Холла. Спектр импульсной помехи при этом качественно не изменяется, так как датчик Холла представляет собой линейное звено, у которого напряжение на выходе пропорционально напряженности магнитного поля, создаваемого сигнальным током. Такой способ повышения помехоустойчивости путем применения датчиков Холла впервые предлагается при передаче сигналов с пути на локомотив.

Сущность второго варианта заключается в том, что между локомотивными катушками и локомотивным фильтром (выделенным в самостоятельный блок при тяге переменного тока или входящим в состав локомотивного усилителя при тяге постоянного тока) включается интегрирующее звено. Тем самым снижается воздействие импульсной помехи на вход локомотивного приемника, что позволяет повысить помехоустойчивость работы систем АЛС.

Стоит отметить, что работа остальных узлов автоматической локомотивной сигнализации не требует изменений, что в целом снижает стоимость переоборудования. В настоящее время в условиях лаборатории кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» проводятся дополнительные исследования по подтверждению качественных характеристик, описанных выше технических решений, а также разработки новых с учетом мешающих воздействий от иных источников помех.

УДК 656.259.2

ОБ ОЦЕНКЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ КАНАЛОВ С ИНДУКТИВНО-РЕЛЬСОВЫМИ ЛИНИЯМИ

В. Б. ЛЕУШИН, Р. Р. ЮСУПОВ

Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

На железнодорожном транспорте постоянно совершенствуются системы интервального регулирования движения поездов (СИРДП). Этот процесс стал особенно интенсивным с внедрением микроэлектронной элементной базы и современных цифровых методов обработки сигналов. Совершенствуются существующие и разрабатываются новые каналы, в частности, с индуктивно-рельсовыми линиями (ИРЛ) автоматической локомотивной сигнализации (АЛС).

Одной из главных задач в этой области является установление порога чувствительности локомотивного приемника и мощности напольного передатчика АЛС, при которых обеспечивается максимальная помехоустойчивость в условиях действия мощных помех от тягового тока [1].

Целью данной работы является разработка функциональной схемы устройства для оценки помехоустойчивости каналов с ИРЛ при совершенствовании существующих и разработке новых систем АЛС. Для достижения поставленной цели предлагается применить машинное моделирование процессов формирования совокупности сигнала и помех напольными передатчиками и приема их локомотивным приемником с последующей оценкой помехоустойчивости приемника. Моделирование помех осуществляется на основе базы данных о помехах, зарегистрированных в реальных условиях эксплуатации.

На рисунке 1 представлены:

а – функциональная схема устройства для оценки помехоустойчивости, в частности, каналов АЛС (ИП – источник помех, ИС – источник сигнала, СМ – смеситель, ЛПР – локомотивный приемник, БОП – блок оценки помехоустойчивости);

б – блок-схема ИП, генерирующего помехи от постоянного тягового тока электроподвижного состава (1 – блок моделирования процесса переключения тяговых двигателей электровоза; 2 и 3 – блоки генерирования импульсных и флуктуационных помех, возникающих при движении электровоза; 4 – блок суммирования процессов с выхода блоков 2 и 3).

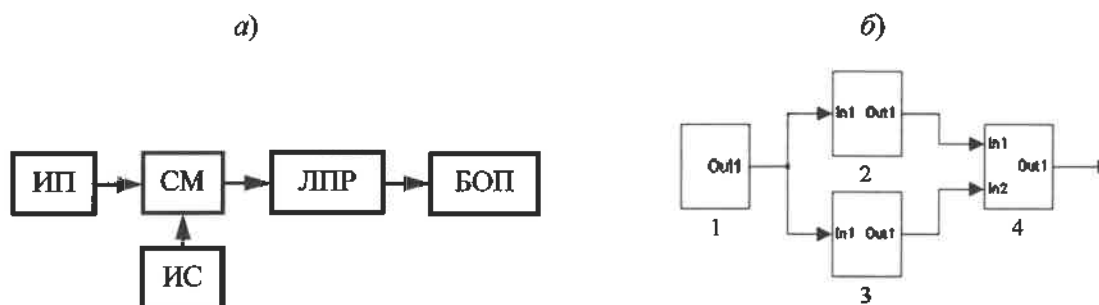


Рисунок 1

Предлагаемое устройство позволяет сформировать совокупность сигналов и помех на входе локомотивного приемника и произвести оценку его помехоустойчивости с максимальным приближением к реальным условиям эксплуатации.

Генерация импульсных помех осуществляется на основе статистической модели [2, 3], разработанной на основе анализа базы данных, полученной при регистрации помех на выходе локомотивных приемных катушек в течение пяти лет на Московской и Куйбышевской железных дорогах при движении грузовых поездов весом более 5000 тонн.

На рисунке 2 в качестве примера представлена осциллограмма сгенерированных блоком 2 (см. рисунок 1, б) импульсных помех.

Рисунок 3 представляет осциллограммы, поясняющие процесс формирования аддитивной смеси импульсных и флуктуационных помех источником помех: *а* – осциллограмма сигнала, представляющего процесс переключения машинистом контроллера управления тяговыми двигателями (1 – включена схема С, 2 – включена схема СП); *б* – осциллограмма помех от постоянного тягового тока на выходе локомотивных приемных катушек, вызванных переключениями контроллера (см. рисунок 3, а).

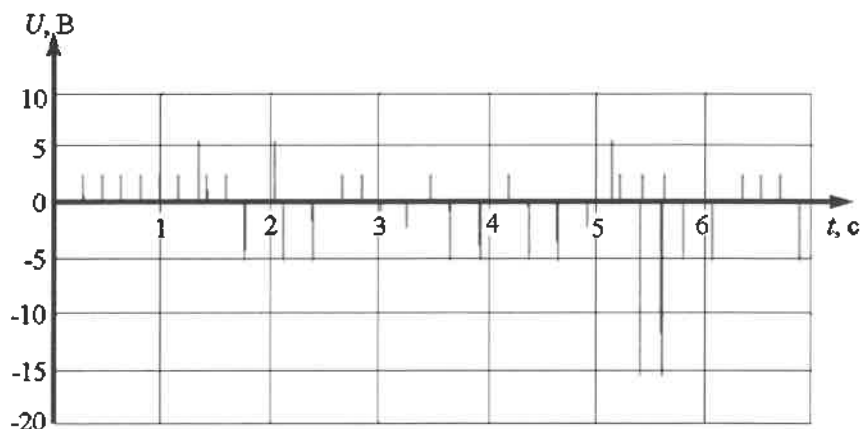


Рисунок 2

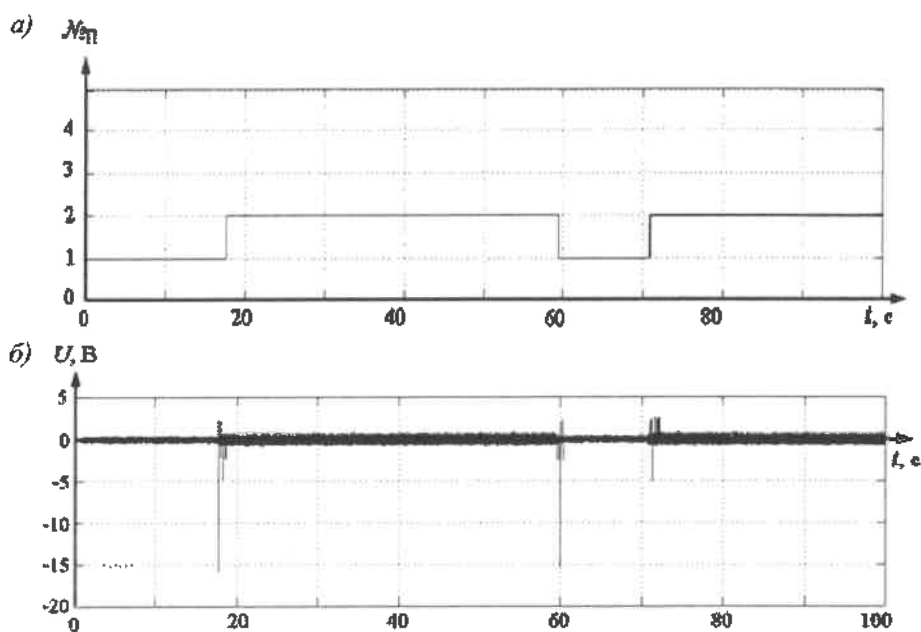


Рисунок 3

Список литературы

- 1 Лисенков, В. М. Статистическая теория безопасности движения поездов [Текст] : учеб. для вузов. – М. : ВИНТИ РАН, 1999. – 322 с., ил.
- 2 Леушин, В. Б. Статистический анализ некоторых параметров импульсных помех от тягового тока [Текст] / В. Б. Леушин, Р. Р. Юсупов, К. Э. Блачёв // Информационные технологии в системах управления на ж.-д. трансп. : Тр. Всерос. межд. уч., науч.-практ. конф. ученых трансп. вузов, инженерных работников и представителей академ. науки. – Хабаровск : ДВГУПС, 2004. – С. 50–54.
- 3 Леушин, В. Б. Марковская модель переключений контроллера машиниста [Текст] / В. Б. Леушин, Р. Р. Юсупов // Вестник транспорта Поволжья : науч.-техн. журнал. – № 4 (28). – Самара : СамГУПС, 2011. – С. 28–36.

УДК 656.2

О ДИАГНОСТИКЕ ЛОКОМОТИВНЫХ УСТРОЙСТВ АЛСН

А. К. ТАБУНЩИКОВ, В. С. КУЗЬМИН

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

П. М. МЕРКУЛОВ

АО «НИИАС», г. Москва, Российская Федерация

Количество сбоев в работе систем, построенных на базе индуктивного канала передачи информации, на сети железных дорог ОАО «РЖД» в последние годы не претерпевает значительных изменений. В первую очередь, это связано с несоответствием темпов изменения помеховой обстановки от электрического подвижного состава и методик контроля, технической диагностики и оценки помехоустойчивости бортовой аппаратуры АЛСН.

Таким образом, авторами ставится задача разработки новых методик диагностики и контроля локомотивной аппаратуры АЛСН, в том числе микропроцессорной, а также разработки критериев оценки ее помехоустойчивости.

Существующая технология обслуживания и применяемые технические средства не позволяют определить степень помехоустойчивости работы аппаратуры. Таким образом, в ряде случаев к эксплуатации допускается бортовое оборудование, помехоустойчивость которого ниже номинальной. Это приводит к сбоям в работе аппаратуры, снижению уровня безопасности движения поездов и экономическим издержкам, связанным с невыполнением нормативного графика движения поездов, дополнительным расходам на электроэнергию, топливо и др.

Технология обслуживания локомотивной аппаратуры АЛСН, предлагаемая авторами, подразумевает наличие трех этапов. На первом этапе аппаратура, поступившая в контрольный пункт, должна быть подвергнута проверке основных ее эксплуатационных параметров, например: возможности декодирования кодовых комбинаций, в том числе с предельно допускаемыми отклонениями временных параметров импульсов и пауз, величины асимметрии локомотивных приемных катушек, оценки уровня помехоустойчивости и определения блоков или элементов блоков (актуально для релейной аппаратуры), отклонение параметров которых приводит к снижению уровня помехоустойчивости ниже номинального. На основании проведенной проверки выдаются рекомендации по настройке или регулировке отдельных элементов блоков или комплекта аппаратуры.

На втором этапе производится техническое обслуживание и регулировка аппаратуры на основании полученных на первом этапе рекомендаций. Это позволит регулировать только те элементы (или их отдельные характеристики), отклонение параметров которых является причиной низкой помехоустойчивости. Таким образом, представляется возможным значительно сократить объем работ по техническому обслуживанию локомотивной аппаратуры.

На третьем этапе аппаратура подвергается контрольной проверке с выдачей заключения о ее годности к эксплуатации.

Предлагаемая технология обслуживания может быть применена как для комплектов релейной, так и для микропроцессорной аппаратуры АЛСН.

Для объективности проведения технического обслуживания локомотивной аппаратуры АЛС необходимо автоматизировать процесс проведения измерений, дополнив его испытаниями, связанными с установлением степени помехоустойчивости отдельных блоков и комплекта аппаратуры в целом.

Основным требованием к вновь разрабатываемым устройствам является исключение возможности обслуживающего персонала влиять на результаты проверки, например, изменять ее результаты в отчетной документации или производить проверку при несоответствии норме основных технико-эксплуатационных параметров испытательного оборудования.

Разработка и внедрение подобной технологии требует определения предельных отклонений параметров релейной аппаратуры АЛСН, синтеза тестовых воздействий и их проверки в условиях эксплуатации.

На основании полученных экспериментальных данных специалистами АО «НИИАС» и кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Российского университета транспорта были построены тестовые кодовые комбинации, позволяющие определить отклонение временных параметров реле-счетчиков (для релейной аппаратуры), а также определить работоспособность локомотивной аппаратуры при временных искажениях на входе локомотивного приемника согласно принятым граничным условиям (для всех типов аппаратуры). Также тестовые кодовые комбинации позволяют определить уровень помехоустойчивости комплекта локомотивной аппаратуры.

Принцип построения тестовых воздействий основан на том, что код АЛСН является кодом с повторением, оценка правильности процесса декодирования которого производится по реле соответствия СР. За счет длительности замедления на отпускание реле СР в релейной аппаратуре АЛСН обеспечивается защита от искажений отдельных кодовых комбинаций. На штатное функционирование реле соответствия СР оказывает также влияние схема декодирования кодовых комбинаций, так как именно через контакты этих реле формируется цепочка питания во второй половине поступающих кодовых комбинаций. В ходе анализа временных диаграмм работы дешифратора было установлено, что наихудшие условия по питанию реле СР обеспечиваются при приеме кодовых комбинаций желтого огня.

Для характеристики работы релейного дешифратора в целом наиболее целесообразно ввести понятие алгоритма работы реле СР. Под алгоритмом работы реле СР понимается такой режим принятия решения о переключении огня локомотивного светофора, при котором при соблюдении номинальных величин времени импульсного питания реле СР удерживает свой якорь в течение N числа длительностей кодовых комбинаций, во время $N - 1$ из которых на вход дешифратора сигнал не подается. Показание локомотивного светофора не должно при этом измениться.

Определение алгоритмов работы реле СР производится на основании анализа временных диаграмм работы дешифратора при различных сигнальных показаниях. Из временных диаграмм следует, что при номинальных значениях замедления реле СР (5,0–6,0 с) возможны следующие алгоритмы работы:

– штатный алгоритм (при наличии одной (первой) из числа установленных кодовых комбинаций дешифратор не должен давать сбой (изменения показания локомотивного светофора) при условии нормальной регулировки его реле и времени замедления реле СР 5,0 с (минимально допускаемое));

– возможный алгоритм (при наличии одной из установленных кодовых комбинаций дешифратор не должен давать сбой при условии нормальной регулировки реле и времени замедления реле СР свыше 5,0 с);

– алгоритмы низкой помехоустойчивости (если временные параметры реле схемы декодирования кодовых комбинаций не соответствуют норме или замедление реле СР не соответствует установленным параметрам).

На основании представленных алгоритмов работы реле СР оказывается возможным произвести классификацию дешифраторов (или комплектов аппаратуры, в том числе микропроцессорных) по степени их помехоустойчивости. Если не выполняется хотя бы один штатный алгоритм, то такой уровень соответствует низкой помехоустойчивости. Если выполняются все штатные алгоритмы, то дешифратор или комплект аппаратуры имеет номинальный уровень помехоустойчивости. Выполнение всех возможных алгоритмов работы реле СР подразумевает высокий уровень помехоустойчивости работы.

Внедрение полученных тестовых сигналов в рамках предлагаемой технологии проверки локомотивной аппаратуры АЛСН позволит исключить выпуск в эксплуатацию так называемых «сбойных» локомотивов, а также сократит время и затраты на техническое обслуживание. Повышается производительность труда и культура персонала, что позволяет повысить, в конечном итоге, безопасность движения поездов.

На базе вышеуказанного алгоритма в настоящее время специалистами АО «НИИАС» разрабатываются технические средства контроля и диагностики локомотивной аппаратуры в условиях контрольных пунктов АЛС депо.

УДК 656.25

ПРИМЕНЕНИЕ ДИВЕРСИТЕТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

С. Н. ХАРЛАП

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Важнейшей задачей, стоящей перед разработчиками микроэлектронных систем железнодорожной автоматики, является достижение заданного уровня полноты функциональной безопасности (УПБ или SFL). Методы обеспечения функциональной безопасности определены международными стандартами IEC61508:2010 (ГОСТ Р МЭК 61508–2012), EN50128:2011 и EN50129:2018.

В соответствии с этими стандартами основным методом обеспечения безопасности в настоящее время является многоканальная обработка информации (дублированные или троированные мажоритарные структуры). Безопасность при этом обеспечивается в предположении, что одиночный отказ аппаратных средств или одиночные ошибки в программном обеспечении не могут привести к опасному отказу, а вероятность накопления нескольких отказов ниже допустимого нормативного значения.

Однако при использовании данного метода необходимо в первую очередь подтвердить:

– что интенсивность отказов по общей причине не превышает допустимого значения интенсивности опасного отказа;

– система обладает требуемой стойкостью к систематическим отказам, т. е. отказам, связанным с какой-либо причиной, которая может быть исключена только путем модификации проекта либо производственного процесса, операций, документации, либо других факторов (ГОСТ Р МЭК 61508–4–2012).

Примерами причин систематических отказов являются ошибки человека:

– в спецификации требований к безопасности;

– при проектировании, изготовлении, установке или во время работы аппаратных средств;

– при проектировании и реализации программного обеспечения.

Для снижения риска возникновения отказов по общей причине и для повышения стойкости к систематическим отказам в процессе проектирования, реализации, эксплуатации и технического

обслуживания аппаратных средств стандартами рекомендованы одинаковые подходы, которые заключаются в определении следующих общих требований к каналам обработки информации в многоканальных системах:

1) каналы должны быть независимыми настолько, чтобы вероятность одновременного отказа двух или более функциональных модулей была низкой по сравнению с требуемой полнотой безопасности;

2) каналы должны быть функционально различными (т. е. использовать совершенно различные подходы для достижения одних и тех же результатов);

3) должны основываться на различных технологиях (т. е. в них должно использоваться оборудование различных видов для достижения одних и тех же результатов);

4) не должны иметь общих частей, систем сервиса или поддержки (например, источников питания), отказ которых может привести к опасному отказу всей системы.

Второе и третье требования предполагают наличие разнообразия (диверситета) между реализациями каналов обработки информации. При этом можно выделить два направления реализации диверситета:

– функциональное разнообразие – использование различных подходов для достижения тех же результатов;

– разнообразие технологий – использование различных типов оборудования для достижения тех же результатов.

Первый подход получил широкое распространение при разработке программного обеспечения и получил названия «Многовариантное программирование», «N-версионное программирование», «диверситетное программирование».

Целью данного метода является обнаружение и маскирование ошибок программных средств для предотвращения критичных для безопасности отказов системы и продолжения ее правильной работы. При многовариантном программировании заданная программная спецификация проектируется и реализуется различными способами N раз. Одни и те же входные значения поступают в N версий с последующим сравнением результатов. Если результат определяется как правильный, он поступает на выходы системы управления.

Важным требованием является то, что в некотором смысле N версий должны быть независимы друг от друга, поэтому они не все одновременно должны перестать правильно работать по общей причине. N версий могут выполняться параллельно на различных компьютерах, либо все версии могут выполняться на одном компьютере с последующим сравнением полученных результатов на том же компьютере. Данный метод не устраняет ошибок, не выявленных при проектировании программ, а также ошибок в интерпретации спецификации, однако он является средством для обнаружения и маскирования ошибок прежде чем они смогут повлиять на безопасность.

К сожалению, эксперименты и аналитические исследования показывают, что N-вариантное программирование не всегда столь эффективно, как хотелось бы. Независимость версий, являющуюся основой для многовариантного программирования, на практике довольно трудно достичь и продемонстрировать. Даже если используются различные алгоритмы, то разнообразные версии программного обеспечения слишком часто имеют одинаковые реакции при проявлении внутренних ошибок или искажении внешних данных. В стандартах предлагаются только общие подходы к достижению диверситета, такие как привлечение для разработки различных версий независимых коллективов программистов, использование различных операционных систем и языков программирования и т. п. Однако до настоящего времени не существует эффективного метода, оценивающего уровень разнообразия (диверситета) различных версий программ, и, как следствие, методов оценки достаточности полученного диверситета для заданного уровня полноты безопасности.

Второй подход основан на разнообразии (диверситете) аппаратных средств. Целью данного подхода является обнаружение систематических отказов при выполнении операций с использованием разнообразных компонентов с различными частотами и типами отказов. При этом для разных каналов многоканальной системы, связанной с безопасностью, используются различные типы компонентов. Это снижает вероятность появления отказов по общей причине и повышает вероятность обнаружения таких отказов.

В последнее время получил распространение комплексный подход, при котором одновременно используются как аппаратный, так и программный диверситет. В этом случае в разных каналах обработки информации используются различные аппаратные средства с загруженными в них диверситетными

программами. Такой подход позволяет объединить достоинства обоих методов и защититься как от отказов по общей причине аппаратных средств, так и от ошибок программного обеспечения.

Таким образом, основными преимуществами использования диверситета являются:

- повышение стойкости к систематическим отказам в процессе проектирования, реализации, эксплуатации и технического обслуживания аппаратных и программных средств;

- снижение риска возникновения отказов по общей причине.

К недостаткам использования диверситета можно отнести:

- значительное увеличение стоимости разработки системы;

- сложность подтверждения различного поведения диверситетных каналов при возникновении случайных отказов аппаратных средств, систематических отказов (ошибок) проектирования, реализации аппаратных средств и ошибок в программном обеспечении;

- независимо от подхода в настоящее время нет эффективного метода, оценивающего уровень разнообразия (диверситета).

Однако следует отметить, что альтернативные методы решения задачи повышения стойкости к систематическим отказам и снижения риска возникновения отказов по общей причине не менее затратны и сложны. При этом каждый из альтернативных методов, в отличие от диверситета, решает только часть описанных выше проблем. Поэтому, несмотря на эти недостатки, применение диверситета в микроэлектронных системах автоматики и телемеханики является полностью оправданным.

УДК 681.518.5+004.052.32

ОБОБЩЕННАЯ ФУНКЦИЯ ПРЕДПОЧТЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВОПРОСНИКОВ МЕТОДОМ КОРНЕВОГО ВОПРОСА

В. В. ХОРОШЕВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) подвергаются постоянным нагрузкам в процессе эксплуатации. Для их бесперебойного функционирования необходимо производить процедуры обслуживания и диагностики. В связи с современными тенденциями постепенно переходят от периодического обслуживания объектов СЖАТ к обслуживанию по состоянию: постепенно происходит внедрение систем мониторинга [1]. Для обеспечения автоматизации диагностирования объектов СЖАТ в программных средствах систем мониторинга возможно применение различных способов: от экспертной оценки и самообучающихся компонентов до применения динамических способов формирования последовательностей расследования инцидентов. Последний вариант является, по мнению автора, весьма перспективным и может быть реализован с использованием теории вопросников [2, 3].

В теории вопросников основной задачей является оптимизация исходного вопросника по цене обхода. Для оптимизации применяются различные методы, самыми известными из которых являются метод динамического программирования, метод ветвей и границ, метод корневого вопроса и эвристические [3, 4]. Все методы имеют свои ограничения; например, в методе динамического программирования экспоненциально возрастает сложность с увеличением количества вопросов в вопроснике. Более простым способом оптимизации является метод корневого вопроса, но и данный метод оптимизации содержит ограничения, он работает в случае, когда между вопросами имеются отношения сравнения. Два вопроса y_1 и y_2 находятся в отношении сравнения в том случае, если подмножество какого-либо исхода одного из них является собственным подмножеством какого-либо исхода другого вопроса. Ранее А. Ю. Аржененко и его учениками было проведено исследование отношений сравнения между вопросами бинарного вида [4] и выведена функция предпочтения двух сравниваемых бинарных вопросов. Данная работа освещает результаты исследований отношений сравнения различных типов сравниваемых вопросов (не только бинарных). Производится поиск отношений сравнения между бинарным и тернарным вопросом, между тернарными вопросами. Автором на основе проведенных изысканий получена обобщенная функция предпочтения, которая может быть применима для любых типов сравниваемых вопросов (как бинарных, так и q -арных).

При проведении исследований было получено, что между бинарным и тернарным вопросом возможны только три варианта отношений сравнения. Установим изначальные условия. Имеется

множество идентифицируемых событий $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, которые разбиваются вопросами y_1 и y_2 на непересекающиеся подмножества. Бинарный вопрос разбивает множество событий на два подмножества: $X_{y_1}^1 \subset X$, $X_{y_1}^0 \subset X$, $X \setminus (X_{y_1}^1 \cup X_{y_1}^0) = \emptyset$, тернарный – на три: $X_{y_2}^2 \subset X$, $X_{y_2}^1 \subset X$, $X_{y_2}^0 \subset X$, $X \setminus (X_{y_2}^2 \cup X_{y_2}^1 \cup X_{y_2}^0) = \emptyset$. Первый случай отношений – когда имеются одинаковые подмножества у сравниваемых вопросов $X_{y_1}^1 = X_{y_2}^2$, при этом $(X_{y_1}^1 \cup X_{y_1}^0) = X_{y_2}^0$. Второй – при $X_{y_1}^2 \subset X_{y_2}^1$, $X_{y_1}^0 \subset X_{y_2}^0$, когда $X_{y_1}^1 = ((X_{y_1}^1 \setminus X_{y_2}^1) \cup (X_{y_1}^1 \setminus X_{y_2}^0))$. Третий – при $(X_{y_1}^2 \cup X_{y_1}^1) \subset X_{y_2}^1$, $X_{y_1}^0 \subset X_{y_2}^0$, когда $(X_{y_1}^0 \setminus X_{y_2}^1 \cup X_{y_1}^0) = X_{y_2}^0$, $(X_{y_1}^2 \cup X_{y_1}^1 \cup X_{y_1}^0 \setminus X_{y_2}^1) = X_{y_2}^1$.

При сравнении тернарных вопросов может возникнуть пять вариантов отношений сравнения. Первый случай, как и в сравнении бинарного и тернарного вопроса, возникает в случае равенств одного из подмножеств сравниваемых вопросов, $X_{y_1}^2 = X_{y_2}^2$, при котором $X_{y_1}^1 \subset X_{y_2}^1$ и $X_{y_1}^0 \subset X_{y_2}^0$. Второй вариант сравнений, когда $X_{y_1}^0 = (X_{y_2}^1 \cup X_{y_2}^0)$ и $X_{y_2}^2 = (X_{y_1}^2 \cup X_{y_1}^1)$. Третий – $(X_{y_1}^2 \cup X_{y_1}^1) \subset X_{y_2}^2$ и $(X_{y_1}^1 \subset X_{y_2}^0) \subset X_{y_2}^0$. Четвертый и пятый – полное вхождение одного подмножества вопроса в подмножество другого сравниваемого с ним вопроса. Тут возможны два «подварианта», когда $X_{y_1}^2 \subset X_{y_2}^2$, $X_{y_2}^1 \subset X_{y_1}^1$ и $X_{y_1}^0 \subset X_{y_2}^0$, тут же наблюдается частичное вхождение $(X_{y_1}^1 \setminus X_{y_2}^1 \cup X_{y_1}^1 \setminus X_{y_2}^0) \subset X_{y_1}^1$ и $X_{y_2}^2 \setminus X_{y_1}^2 \subset X_{y_2}^2$, $X_{y_2}^0 \setminus X_{y_1}^0 \subset X_{y_2}^0$, и когда $X_{y_1}^2 \subset X_{y_2}^2$, $X_{y_2}^0 \subset X_{y_1}^0$, тут же наблюдается частичное вхождение $(X_{y_1}^1 \setminus X_{y_2}^1 \cup X_{y_1}^1 \setminus X_{y_2}^0) \subset X_{y_1}^1$ и $(X_{y_2}^1 \setminus X_{y_1}^1 \cup X_{y_2}^1 \setminus X_{y_1}^0) \subset X_{y_2}^1$, $X_{y_2}^0 \setminus X_{y_1}^0 \subset X_{y_2}^0$.

Основываясь на всех вычисленных отношениях сравнения, нетрудно вывести обобщенную функцию предпочтения, которая имеет вид:

$$\Phi(y_1, y_2) = \frac{c(y_1) + c(y_2) \sum_{p_j \in (X_{y_1} \setminus X_{y_2})} p_j}{c(y_2) + c(y_1) \sum_{p_j \in (X_{y_2} \setminus X_{y_1})} p_j}.$$

Функция предпочтения представляет собой отношение цены обхода вопросника $Q_{y_1 y_2}$ и цены обхода вопросника $Q_{y_2 y_1}$.

Данную функцию предпочтения возможно использовать при оптимизации вопросников различных видов методом корневого вопроса.

Выводы. Полученная функция предпочтения позволит в дальнейшем применять метод корневого вопроса для оптимизации вопросников с произвольными основаниями вопросов. При должной автоматизации процесса оптимизации вопросников появляется возможность на программном уровне реализовывать данную процедуру и, например, использовать сам метод для целей оптимизации времени обнаружения отказа при техническом диагностировании [5], что в свою очередь положительно отразится на временах обнаружения и поиска неисправности в устройствах СЖАТ.

Список литературы

- 1 Ефанов, Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: [монография] / Д. В. Ефанов. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с.
- 2 Picard, C. F. Théorie des Questionnaires / C. F. Picard. – Paris: Ganthier-Villars, 1965. – 127 p.
- 3 Пархоменко, П. П. Основы технической диагностики (оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратные средства) / П. П. Пархоменко, Е. С. Согомоян. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 320 с.
- 4 Аржененко, А. Ю. Оптимальные бинарные вопросники / А. Ю. Аржененко, Б. Н. Чугаев. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.
- 5 Efanov, D. Testing of Relay-Contact Circuits of Railway Signalling and Interlocking / D. Efanov, A. Lykov, G. Osadchy // Proceedings of 15th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2017), Novi Sad, Serbia, September 29 – October 2, 2017. – Pp. 242–248, doi: 10.1109/EWDTS.2017.8110095.

ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ В НЕОДНОРОДНЫХ ТЯГОВЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЛИНИЯХ

В. И. ШАМАНОВ, Д. В. ДЕНЕЖКИН

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Использование рельсовых линий для одновременного с тяговыми токами пропуска сигнальных токов рельсовых цепей (РЦ) и автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) приводит к появлению мощных помех, вызывающих кратковременные отказы (сбои) в работе этой аппаратуры. В результате огни светофоров переключаются на ложные показания, требующие снижения скорости движения поездов. Перекрытия перед движущимся поездом разрешающего показания напольного светофора на запрещающее показание вызывает необходимость применения экстренного торможения. Если ложные переключения ламп локомотивного светофора происходят часто, поездной бригаде разрешено отключать аппаратуру АЛС. Все это увеличивает вероятность аварий и крушений.

Уровень данных помех определяется величиной асимметрии тягового тока под приемными локомотивными катушками АЛС или в местах подключения к рельсам аппаратуры РЦ. Первоисточником появления асимметрии тягового тока является асимметрия продольного и (или) поперечного сопротивлений рельсовых нитей (РН) в рельсовой линии (РЛ). Асимметрия сопротивлений распределяется по длине РЛ случайным образом, поэтому асимметрия тягового тока изменяется по длине РЦ тоже случайным образом [1]. Для выявления причин сбоев в работе РЦ и АЛС необходимо знать, как распределяются величины электрических сопротивлений элементов РН по длине РЛ.

Известные способы измерения в РЦ позволяют находить только величины продольного и (или) поперечного сопротивления РЛ по всей ее длине при автономной тяге [2]. Известны также способы раздельного измерения сопротивлений токопроводящих и электроизолирующих элементов РЛ [1, 3]. Но поэлементные измерения отличаются большой трудоемкостью их проведения и обработки результатов. запатентованный способ измерения электрических сопротивлений в неоднородных РН на электрифицированных участках железных дорог устраняет эти недостатки [4].

РН при анализе процессов протекания по ним тяговых токов можно представить в виде последовательного соединения Т-образных схем замещения (трехполюсников). В схемах замещения РН на рисунках *a* и *b* последовательно включенными резисторами с сопротивлениями Z_1 и Z_2 обозначены сопротивления половин рассматриваемых отрезков рельсов, т. е. половины продольного сопротивления отрезка РН. Резистором $R_{гз}$ обозначено распределенное по длине отрезка РН ее поперечное сопротивление – сопротивление между рельсами и землей. $Z_{вх2}$ – входное сопротивление РН по отношению к земле, примыкающей к концу рассматриваемого ее отрезка.

У неоднородных РН и продольное, и поперечное сопротивления изменяются по длине РЛ, поэтому на рисунке $Z_1 \neq Z_2$. Сопротивление рельсов по отношению к земле $R_{гз}$ также меняется.

При работе рельсовой тяговой сети в нормальном режиме измеряются следующие токи и напряжения (рисунок 1, *a*): I'_1 – тяговый ток, втекающий в рассматриваемый отрезок рельсовой нити; I'_2 – вытекающий из рельсов тяговый ток на ее выходе; U'_2 – напряжение между рельсами и удаленной землей на выходном конце этого отрезка РН.

На рисунке 1, *b* показаны токи и напряжения, которые измеряются в рельсовой нити на выходном для тягового тока конце при коротком замыкании ее рельсов на землю: I''_1 – тяговый ток, втекающий в рассматриваемый отрезок рельсовой нити; I''_2 – вытекающий из рельсов тяговый ток при их коротком замыкании на землю; U''_1 – напряжение между рельсами и удаленной землей на входном конце отрезка рельсовой нити в этом режиме измерения.

Доказано, что использование измеренных значений указанных токов и напряжений позволяет проведением несложных вычислений находить численные значения продольного и поперечного электрических сопротивлений рассматриваемого отрезка РН по следующим формулам [4].

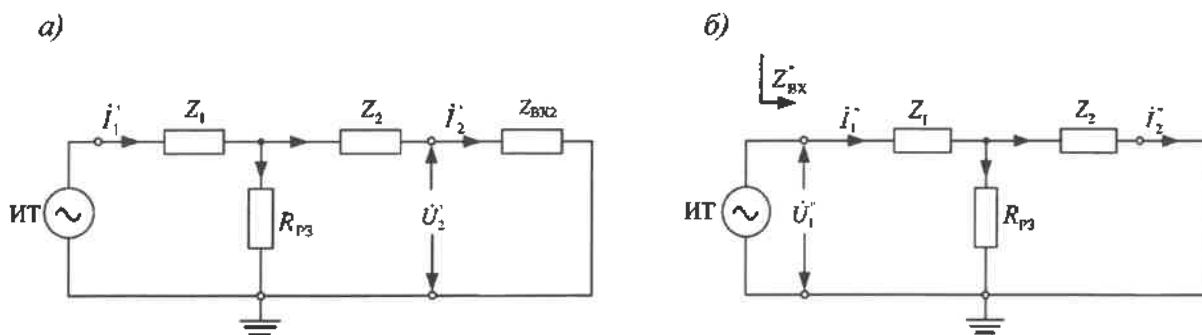


Рисунок 1 – Схемы включения измерительных приборов

Величина сопротивления Z_2 рельсов второй половины отрезка РН

$$Z_2 = \frac{i_1'' - i_2''}{i_1' i_2'' - i_2' i_1''} \cdot i_2' Z_{вх2} = \frac{i_1'' - i_2''}{i_1' i_2'' - i_2' i_1''} \cdot U_2' \quad (1)$$

Величина сопротивления между рельсами и землей у рассматриваемого отрезка РН

$$R_{рз} = \frac{i_2''}{i_1'' - i_2''} Z_2 \quad (1)$$

Сопротивление Z_1 рельсов первой половины отрезка РН

$$Z_1 = \frac{U_1''}{i_1''} - \frac{Z_2 R_{рз}}{Z_2 + R_{рз}} \quad (2)$$

Достоинством предложенного способа измерений является его простота и близость к реальному процессу растекания тяговых токов в неоднородных РН, по длине которых величины продольных и поперечных сопротивлений в общем случае изменяются.

Величина переменного тягового тока в рельсах может измеряться каким-либо бесконтактным амперметром с катушкой индуктивности или косвенным способом, например, по падению напряжения на отрезке сплошного рельса фиксированной длины [1].

Измерения в условиях эксплуатации, а также компьютерные эксперименты с использованием предложенного способа для измерения электрических сопротивлений элементов рельсовых нитей в рельсовых цепях на участках с электротягой переменного тока подтвердили достоверность получаемых результатов.

Список литературы

- 1 Шаманов, В. И. Электромагнитная совместимость систем железнодорожной автоматики и телемеханики / В. И. Шаманов, – М. : ФГБОУ «УМЦ по образованию на ж.-д. транспорте», 2013. – 244 с.
- 2 Дмитренко, И. Е. Измерения и диагностирование в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи / И. Е. Дмитренко, Д. В. Дьяков, В. В. Саложников – М. : Транспорт, 1994. – 263 с.
- 3 Шаманов, В. И. Помехи на аппаратуру рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации. Средства защиты : учеб. пособие / В. И. Шаманов – М. : ФГБУ ДПО «УМЦ по образованию на ж.-д. транспорте», 2018. – 304 с.
- 4 Способ измерения электрических сопротивлений в неоднородных рельсовых нитях на электрифицированных участках железных дорог / В. И. Шаманов [и др.]. Патент РФ № 2695438. Оpubл. 23.07.2019. Бюл. № 21. – 11 с.

УДК 656.254.16:629.783

ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ И ПЕРЕПОДГОТОВКА СВЯЗИСТОВ-РАДИСТОВ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В. Г. ШЕВЧУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Постановлением совета министров республики беларусь от 15 июля 2011 г. № 954 «об отдельных вопросах дополнительного образования взрослых» (с изменениями и дополнениями), введенным в действие с 1 сентября 2011 г. [1], утверждено положение о непрерывном профессио-

нальном образовании руководящих работников и специалистов. согласно пунктам 2, 3 положения, непрерывное профессиональное образование руководящих работников и специалистов, направленное на профессиональное совершенствование, освоение новых методов, технологий и элементов профессиональной деятельности, формирование профессиональных навыков, присвоение новой квалификации на уровнях высшего и среднего специального образования, включает реализацию образовательных программ дополнительного образования путем повышения квалификации и переподготовки руководящих работников и специалистов.

К системе образования в современных условиях предъявляются весьма высокие требования: она должна готовить специалистов к жизни и деятельности в динамичном, быстро меняющемся мире, где перед человеком постоянно возникают нестандартные задачи, решение которых предполагает наличие умений и навыков выстраивать и анализировать как собственные действия, так и ход различных технологических процессов. Ведущее место в такой системе занимают инновационные методы подготовки обучающихся в системе высшего образования. Они должны стать специалистами с инновационным мышлением, поскольку в будущем будут непосредственно причастны к формированию и обеспечению реализации инновационной политики на практике [2, 3].

Кафедрой «автоматика, телемеханика и связь» на протяжении многих лет организуются и проводятся различные учебные курсы для инженерно-технических работников службы и дистанций сигнализации и связи белорусской железной дороги по самым актуальным направлениям развития и совершенствованию систем управления, контроля и информационного обеспечения транспортных технологических процессов. Перспективой в развитии технологических телекоммуникаций белорусской железной дороги является переход к инфокоммуникациям и внедрение цифровых радиосистем, обеспечивающих предоставление не только услуг голосовой связи, но и передачу данных и сигналов сигнализации. По новой технологии будут работать такие приложения, как отслеживание грузов, цифровое видеонаблюдение на поездах и железнодорожных станциях, информационные услуги для пассажиров и многое другое. Поэтому на протяжении ряда последних лет кафедрой для слушателей ипкпк организован учебный курс «радиосвязь на железнодорожном транспорте. современные цифровые радиосистемы».

Анализ уровня образования слушателей курсов (начальников участков, старших электромехаников и электромехаников) (рисунок 1) показывает, что только 31 % из них имеют оконченное высшее образование. При этом 15 % слушателей, имеющих неоконченное высшее образование, в основном, являются студентами кафедры «АТиС» УО «БелГУТ», которая готовит специалистов с высшим образованием по специализации «Системы передачи и распределения информации». А 46 % слушателей курсов имеют только среднее специальное образование и около половины из них являются выпускниками Брестского колледжа – филиала учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» по специальности «Технологическая связь на железнодорожном транспорте» (специализация «Радиосвязь на железнодорожном транспорте»).

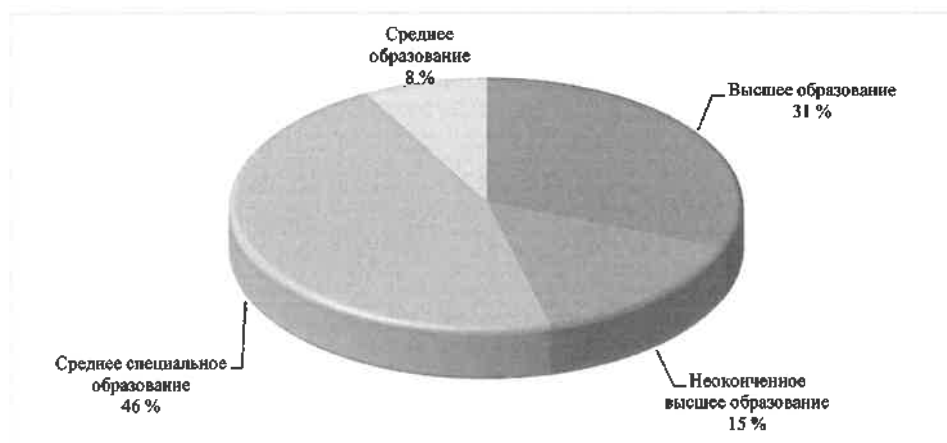


Рисунок 1 – Процентное соотношение уровня образования слушателей курсов ИПКиПК

На рисунке 2 показано процентное соотношение учебных заведений, которые окончили слушатели курсов ИПКиПК, имеющие высшее образование. Как видно из представленной круговой диаграммы, 72 % слушателей являются выпускниками кафедры разных лет, 17 % – выпускниками УО «БГУИР».

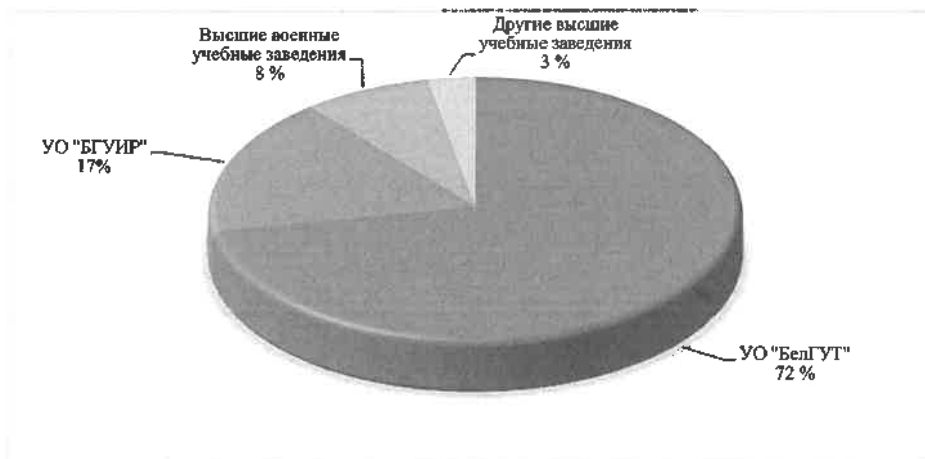


Рисунок 2 – Процентное соотношение учебных заведений, которые окончили слушатели курсов ИПКиПК, имеющие высшее образование

Таким образом, как показывает проведенный анализ, большинство начальников участков радиосвязи, старших электромехаников и электромехаников, занимающихся эксплуатацией радиосистем на Белорусской железной дороге, не имеют высокого уровня образовательной подготовки по организации, функционированию и эксплуатации современных аналоговых и перспективных цифровых транспортных радиосистем.

Поэтому повышение квалификации и переподготовка данных ИТР в Институте повышения квалификации и переподготовки руководителей и специалистов транспортного комплекса Республики Беларусь по обозначенному направлению несомненно являются актуальными.

Список литературы

1 Об отдельных вопросах дополнительного образования взрослых: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 15 июля 2011 г., № 954 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.academy.edu.by/files/post%20%20954.pdf>. – Дата доступа: 07.09.2019.

2 Шевчук, В. Г. Концептуально-графический анализ математических моделей как фактор повышения мотивации изучения студентами дисциплин специализации / В. Г. Шевчук // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2008. – С. 320–321.

3 Восприятие информации человеком. Человеческое восприятие [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://mywebpro.ru/psihika/vospr-infor-chelov-chelov-vospr.html>. – Дата доступа: 07.09.2019.

УДК 656.254.16:629.783

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТЕННЫХ УСТРОЙСТВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ТРЕБУЕМЫЙ УРОВЕНЬ СИГНАЛА В КАНАЛЕ ПОЕЗДНОЙ РАДИОСВЯЗИ ГЕКТОМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

В. Г. ШЕВЧУК, И. О. ЖИГАЛИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. В. КАРПОВ

Белорусская железная дорога, г. Гомель

В канале существующей на участках белорусской железной дороги симплексной аналоговой системы поездной радиосвязи (прс) для приема речевых сообщений от поездного диспетчера (дпс) или дежурного по станции (дсп) машинист подвижной единицы (тчм) использует радиостанцию гектометрового диапазона, работающую на антенну горизонтального типа, представленную на рисунке 1.

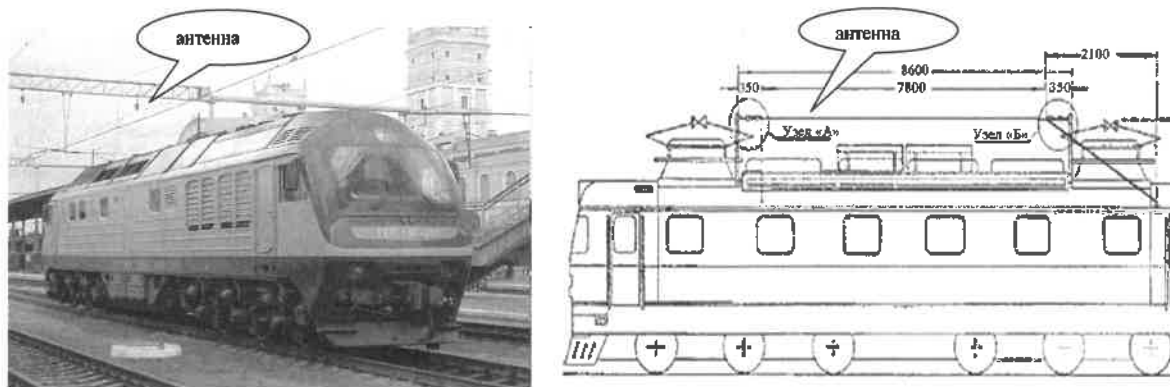
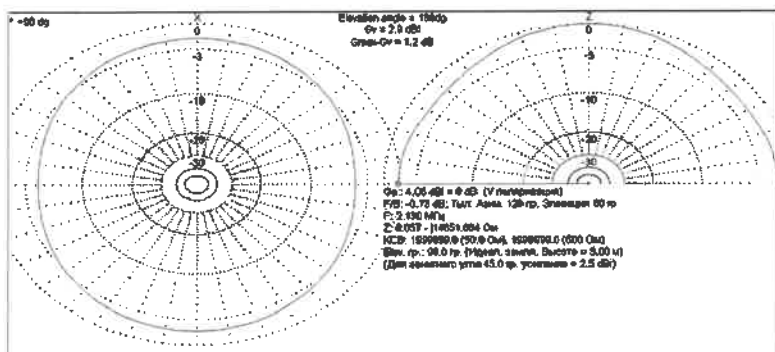


Рисунок 1 – Размещение локомотивной антенны на крыше локомотива

Было осуществлено компьютерное моделирование характеристики локомотивной антенны гектометрового диапазона горизонтального типа с применением программы mmana-gal [1, 5].

На рисунках 2–3 изображены диаграммы направленности локомотивной антенны для разных видов поляризации.

а)



б)

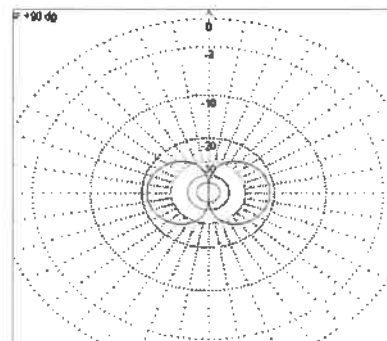


Рисунок 2 – Горизонтальная (а) и вертикальная (б) поляризация характеристики локомотивной антенны

Для увеличения дальности поездной радиосвязи в гектометровом диапазоне волн применяется передача высокочастотной энергии по проводным направляющим линиям, подвешенным вдоль железнодорожного пути. При этом выход передатчика стационарной радиостанции подключается не к антенне, а к направляющей линии. Распространение электромагнитных волн вдоль направляющих линий происходит с меньшим затуханием.

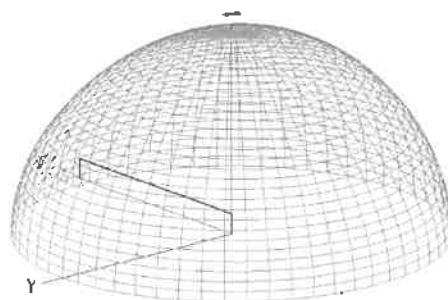


Рисунок 3 – Объемная диаграмма направленности локомотивной антенны

В результате дальность прс возрастает. Важным является также то, что направляющая линия следует вдоль железнодорожного пути, создавая достаточную для связи напряженность поля в зонах, где прямая видимость между антеннами стационарной радиостанции и установленной на крыше локомотива отсутствует. На рисунке 4 изображены полученные с помощью компьютерного

моделирования диаграммы направленности антенны «бегущая волна», которые аналогичны диаграммам волновода поездной радиосвязи.

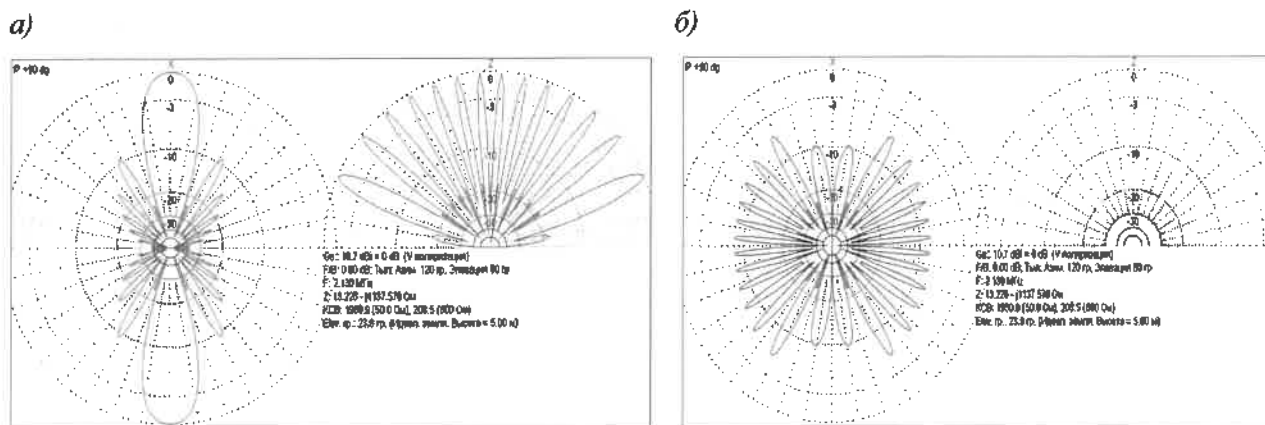


Рисунок 4 – Горизонтальная (а) и вертикальная (б) поляризация характеристики волновода поездной радиосвязи

Компьютерное моделирование показало, что практически невозможно обеспечить требуемый уровень сигнала для абонентских устройств на всем протяжении пути подвижной единицы вдоль трассы следования, из-за чего снижается качество речи в разговорном тракте, что подтверждает правомерность полученных результатов исследования качества трактов ПРС [2–4]. Это еще раз доказывает необходимость цифровизации трактов ПРС на участках белорусской железной дороги.

Список литературы

- 1 Компьютерное моделирование коллинеарных составных антенн базовых станций радио-сети в железнодорожном узле / В. Г. Шевчук [и др.] // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2013. – № 1 (26). – С. 13–17.
- 2 Исследование разборчивости речи в радиотелефонном тракте методами артикуляционных измерений / В. Г. Шевчук [и др.] // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2018. – № 1 (36). – С. 21–23.
- 3 Шевчук, В. Г. Исследование акустического качества канала поездной радиосвязи / В. Г. Шевчук, Р. А. Соловьев, А. В. Карпов // Современные средства связи: материалы XXIII Междунар. науч.-техн. конф. – Минск : Белорусская государственная академия связи, 2018. – С. 87–88.
- 4 Долгополов, А. Г. Исследование качества речевых сообщений в системе поездной радиосвязи / А. Г. Долгополов, Р. О. Юркевич, В. Г. Шевчук; под ред. доц. В. Г. Шевчука // Системы передачи и распределения информации: сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2015 – С. 76–78.
- 5 MMANA-GAL pro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.radio.ru/mmna>. – Дата доступа: 01.06.2019.

УДК 621.395

ИССЛЕДОВАНИЕ «МЕШАЮЩЕЙ» НАГРУЗКИ В КАНАЛЕ ПОЕЗДНОЙ РАДИОСВЯЗИ

В. Г. ШЕВЧУК, И. О. ЖИГАЛИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. В. КАРПОВ, А. Г. ДОЛГОПОЛОВ

Белорусская железная дорога, г. Гомель

Повышение эффективности работы Белорусской железной дороги, создание условий для устойчивого и безопасного ее функционирования довольно тесно связаны с использованием технологий транспортных радиосистем [1].

С помощью радиосредств обеспечиваются:

- автоматизация управления движением и повышение безопасности движения поездов;
- безбумажная технология взаимодействия между работниками, обеспечивающими управление движением, и машинистами поездов (передача приказов и команд);
- автоматизация управления соединенными и тяжеловесными поездами;
- развитие средств видеонаблюдения на станциях и особо важных объектах и др.

В настоящее время на участках Гомельского отделения Белорусской железной дороги используются преимущественно линейные технологические сети симплексной поездной радиосвязи гектометрового (2 МГц) диапазона и зоновые (в пределах станций и прилегающих к ним перегонов) сети симплексной поездной и станционной радиосвязи метрового (160 МГц) диапазона. Эти аналоговые радиосети предназначены главным образом для передачи речевых сообщений и не позволяют осуществлять передачу данных по управлению и контролю [2, 3].

Поездная радиосвязь по организации ее системы отличается от автоматической телефонной связи, а также от оперативно-технологической. Главная ее отличительная особенность – это отсутствие коммутаторов, у всех абонентов поездной радиосвязи в распоряжении только два частотных канала: 2,130 МГц и 2,150 МГц. Причем последний в основном используется для служебных переговоров работников радиосвязи в депо.

Все абоненты разделяются на три группы:

- 1) дежурный по станции (ДСП);
- 2) поездной диспетчер (ДНЦ);
- 3) машинист подвижной единицы (ТЧМ).

Так как эти абоненты используют в своих переговорах только один физический канал, а в процессе работы необходимо осуществлять соединение только одной пары абонентов, в системе радиосвязи предусмотрено три вызова различной частоты: посылкой частотного сигнала 1400 Гц вызывается ДСП, 1000 Гц – ТЧМ, 700 Гц – ДНЦ. По инициативе одного из абонентов при нажатии соответствующей кнопки формируется вызов определенной частоты, который может воспринять только определенная группа абонентов, после чего осуществляются переговоры.

Такая организация связи без индивидуальных каналов накладывает некоторые неудобства для ведения переговоров:

- в зоне действия радиостанции ДСП постоянно присутствует «мешающая» нагрузка, создаваемая радиостанциями ДСП соседних станций;
- при поступлении вызова от ДНЦ ему отвечают сразу несколько абонентов, что может привести к снижению уровня безопасности движения поездов;
- кроме того, возрастает эмоциональная нагрузка на оперативных работников железной дороги, отвечающих за безопасность движения поездов.

Был осуществлен детальный анализ переговоров в системе поездной радиосвязи на станции Новобелицкая Гомельского отделения Белорусской железной дороги. Для исследования нагрузки канала поездной радиосвязи был выбран второй четверг месяца, т. к. именно в эти дни наблюдается наибольшая концентрация переговоров в самый загруженный час.

Графики «мешающей» и «полезной» нагрузки за четверг изображены на рисунке 1. Из него видно, что «мешающая» нагрузка по общему количеству вызовов преобладает над «полезной» нагрузкой, что не дает возможности дежурному по станции Новобелицкая воспользоваться своей радиостанцией во время приема «мешающей» нагрузки.

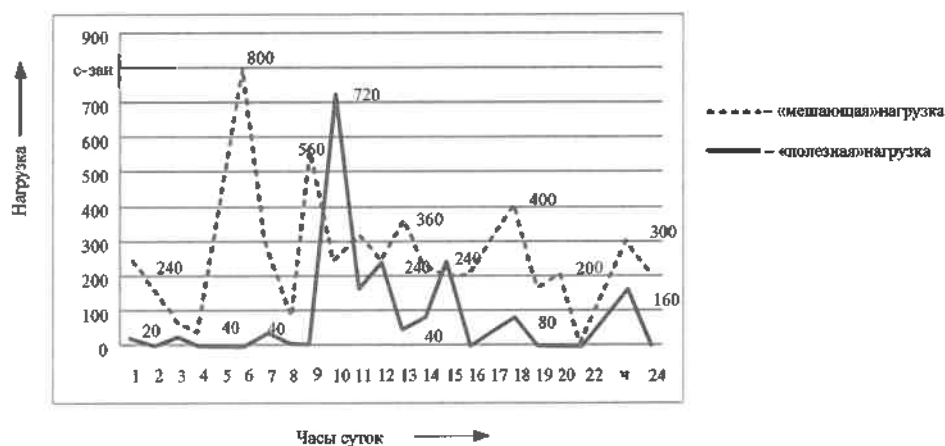


Рисунок 1 – Графики изменения нагрузки в канале поездной радиосвязи

Определены величины коэффициентов концентрации нагрузки для обоих типов нагрузки:

$$K_{\text{пол.ч/я}} = \frac{Y_{\text{пол.ч/я}}}{Y_{\text{пол.с}}} = \frac{720}{1920} = 0,375,$$

где $Y_{\text{пол.чнн}}$ – «полезная» нагрузка в час наибольшей нагрузки, $Y_{\text{пол.сс}}$ – «полезная» нагрузка за сутки.

$$K_{\text{меш.чнн}} = \frac{Y_{\text{меш.чнн}}}{Y_{\text{меш.сс}}} = \frac{800}{6120} = 0,1307,$$

где $Y_{\text{меш.чнн}}$ – «мешающая» нагрузка час максимальной нагрузки; $Y_{\text{меш.сс}}$ – «мешающая» нагрузка за сутки.

Вывод. Проблема «мешающих» переговоров стоит остро при работе поездной радиосвязи; решение заключается в переводе радиосвязи в диапазон метровых или децимет-ровых волн [4, 5], где современные цифровые системы радиосвязи позволяют в одном частотном канале организовать от восьми и более сеансов радиосвязи одновременно.

Список литературы

- 1 Шевчук, В. Г. Транспортные радиосистемы. Распространение энергии звуковых и электромагнитных волн : конспект лекций / В. Г. Шевчук – Гомель: БелГУТ, 1998. – 128 с.
- 2 Шевчук, В. Г. Исследования акустического качества канала поездной радиосвязи / В. Г. Шевчук, Р. А. Соловьев, А. В. Карпов // Современные средства связи: материалы XXIII Междунар. науч.-техн. конф., редкол.: А. О. Зеневич [и др.]. – Минск : Белорусская государственная академия связи, 2018. – С. 87–88.
- 3 Долгополов, А. Г. Исследование качества речевых сообщений в системе поездной радиосвязи / А. Г. Долгополов, Р. О. Юркевич, В. Г. Шевчук // Системы передачи и распределения информации: Сборник научных трудов / под ред. доц. В. Г. Шевчука; – Гомель: БелГУТ, 2015 – С. 76–78.
- 4 Стандарт DMR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prs.by/rus/solutions/dmr>. – Дата доступа: 10.09.2019
- 5 GSM-Rail [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.senderlisteffin.de/index.html>. – Дата доступа: 01.09.2019.

УДК 656.256:681.32

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПУТЁМ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕРМИНАЛЬНОГО ДОСТУПА

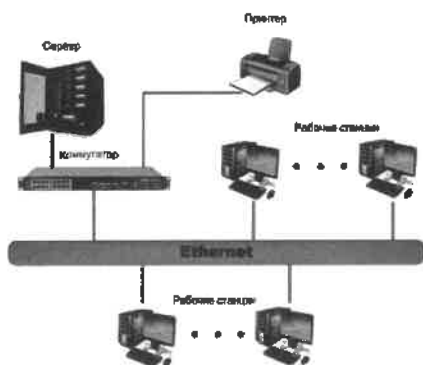
Е. В. ЩЕБЛЫКИНА, М. В. УШАКОВ

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков, Украина

Важным направлением развития систем управления поездной и маневровой работой на железнодорожном транспорте является совершенствование эргетических систем станционной автоматики, основными из которых являются устройства электрической (ЭЦ) и диспетчерской (ДЦ) централизации.

Традиционные подходы к проектированию и реализации таких систем предполагают многоуровневую иерархическую структуру, в рамках которой предусматривается набор замкнутых комплектов микропроцессорного оборудования на каждом уровне, каждый из которых представляет собой самостоятельную рабочую станцию (рисунок 1, а).

а)



б)

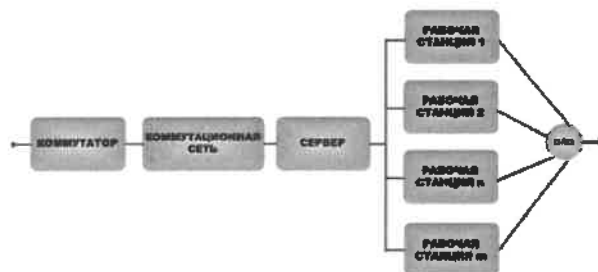


Рисунок 1 – Система управления на базе рабочих станций:
а – структура системы; б – РЛСБ системы

В условиях локального сетевого объединения применение систем управления на базе рабочих станций предполагает наличие избыточного оборудования, в результате чего снижается эксплуатационная надежность системы в целом. Расчетно-логическая схема безотказности (РЛСБ) при таком подходе имеет вид, представленный на рисунке 1, б.

Развитие информационных технологий в совокупности с применением передовых научных методов оптимизации взаимодействия компонентов позволяет отказаться от традиционной клиент-серверной архитектуры построения систем ЭЦ и ДЦ (см. рисунок 1), сформировав при этом одноуровневую систему на базе единого вычислительного ядра, к которому подключение клиентов выполняется без использования дополнительных ЭВМ. Такой подход реализуется терминальным доступом к подсистеме логических зависимостей с применением терминальных станций (рисунок 2).

Структуризация и оптимизация управления при реализации терминального подхода выполняется с использованием методов графоаналитического проектирования и конфигурирования программно-аппаратных средств. При этом указанные методы интегрируются в современные САПР и САЕ-системы.

Совместно со специалистами Украинского государственного университета железнодорожного транспорта и Научно-производственного предприятия «Желдоравтоматика» (г. Харьков) выполнена экспериментальная разработка систем ЭЦ и ДЦ на базе терминального доступа для последующей реализации на промышленном железнодорожном транспорте. При этом выполнено исследование показателей безотказности систем аналогичного назначения в вариации как терминального доступа, так и доступа на базе рабочих станций. На примере системы ДЦ сравнительная характеристика результатов расчета надежности приведена в таблице 1 (где T_o – средняя наработка до отказа, $T_{восст}$ – среднее время восстановления).

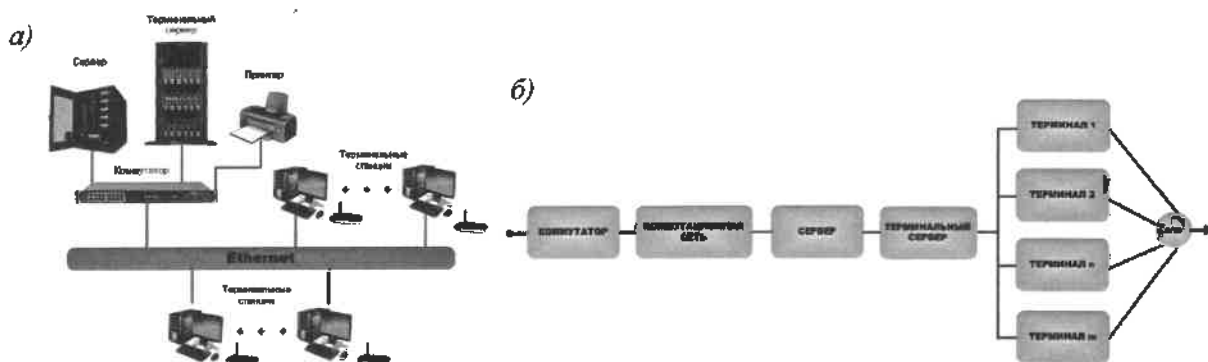


Рисунок 2 – Система управления на базе терминальных станций:
а – структура системы; б – РЛСБ системы

Таблица 1 – Сравнительная характеристика показателей надёжности двух вариантов реализации ДЦ

Наименование	ЛВМ на базе РС			ЛВМ на базе терминалов		
	Количество, шт	на 1 шт.		Количество, шт	на 1 шт.	
		T_o , г	$T_{восст}$, г		T_o , г	$T_{восст}$, г
Сервер	1	43662	4	1	43662	4
Терминальный сервер	–	–	–	1	43662	4
Коммутатор	1	98690	4	1	98690	1
Рабочая станция	20	9643	4	–	–	–
Терминальная станция	–	–	–	20	400000	3

Как видно из результатов расчета, средняя наработка до отказа при реализации подхода на базе терминальных станций более чем в 40 раз превышает соответствующий результат для подхода, базируемого на рабочих станциях (клиент-серверной архитектуре).

Таким образом, целесообразным является дальнейшее развитие терминальных технологий реализации эргатических систем управления на железнодорожном транспорте с поэтапным отказом от применения классических клиент-серверных архитектур. При этом следует отметить, что благодаря уменьшению количества задействованного сетевого оборудования возрастают не только показатели безотказности, но и кибернетической безопасности – в связи с уменьшением количества уязвимых для кибернетических атак программных узлов. Определение параметров кибербезопасности и степе-

ни влияния на нее различных способов реализации архитектуры систем управления требует дополнительного исследования в предметной области.

В процессе имитационного и физического моделирования систем различного назначения с применением терминального доступа определены такие дополнительные особенности их реализации, как необходимость специфических лицензий системного программного обеспечения (ПО), стоимость которых ниже, чем стоимость отдельных серверных и клиентских лицензий для систем на базе рабочих станций, формирование единых полей переменных в составе прикладного ПО, централизация вычислений и т. д. В контексте использования современных САЕ-систем обеспечивается также достаточная экономическая целесообразность такого подхода.

UDC 656.256.3

SELECTED ASPECTS OF RESEARCH ON THE COOPERATION OF ERTMS ON-BOARD EQUIPMENT WITH TRACK-SIDE EQUIPMENT

A. BIAŁON, J. FURMAN

Railway Research Institute (Warsaw, Poland)

The article focuses on issues related to the structural control-command and signalling subsystem implemented by the Commission Regulation (EU) No. 2016/919 of 27 May 2016 on the technical specification for interoperability within the control-command and signalling subsystems of the rail system in the European Union, hereinafter referred to as "TSI CCS "(from control-command and signalling) [1].

According to the provisions of Directive 2008/57/EC of June 17, 2008 command and signalling subsystem is described as: "All the equipment necessary to ensure safety and to command and control movements of trains authorised to travel on the network". Moreover [2] divides command and signalling subsystem into two separate subsystems i.e. " Control-Command and Signalling On-board Subsystem " and " Control-Command and Signalling Track-side Subsystem". It is clearly visible that in spite of the common denominator "control-command and signalling ", both subsystems are independent assessment subjects for their EC verification by notified bodies [12]. It should also be remembered that apart from the above mentioned control-command and signalling layers of the subsystem so-called basic layer is also distinguished. It consists of track vacancy detection devices, turnouts, station, line equipment etc. The requirements for the basic layer are defined by national regulations and this is conditioned by the diversity of traffic regulations and the applied technical solutions in individual Member States like it is in Poland in [7]. The confirmation of meeting the TSI requirements by the subsystem is to receive the EC certificate of verification which, after carrying out the necessary checks and inspections is issued by the notified body [9, 12].

Regardless of the case under consideration, the European Rail Traffic Management System (ERTMS) is installed on interoperable railway vehicles and interoperable railway lines. ERTMS is defined to meet the TSI control-command and signalling requirements despite where it is implemented. The ERTMS system is classified as Class A and is divided into the European Train Control System (ETCS) and the Global System for Mobile Communications-Railways (GSM-R). The operation of the ETCS system is based on calculating and controlling the braking curves [4, 5]. The aforementioned curves depend on many factors relating both to the vehicle and to the track. When devising the system, it was assumed that these factors can be separated into track-dependent and vehicle-dependent. Thus, vehicle data includes information such as vehicle weight, maximum axle load, maximum speed, brake system parameters, etc.

ETCS systems in both on-board and track-side variants appear in three levels and depending on the requirements also several baselines. Baselines correspond to the version of the technical specifications designed and validated for particular project. TSI 2016/919 [1] indicates three sets of specifications that may be applied during EC verification. From 1 January 2019 the set of specifications only number 2 and 3 are valid for on-board subsystem. That means that since that date only vehicles equipped with baseline 3.4.0 and 3.6.0 are able to obtain EC certificate of verification excluding some specific cases with derogations. Differences between baselines consist in introducing additional functionalities clarifying the requirements as well as improving the stability of the system operation. Baseline 3.4.0 comparing to baseline 2.3.0d introduces new functions such as: Passive Shunting mode, Limited Supervision mode, level crossing not protected, new specification for the Non Leading mode, track conditions for the power supply, track conditions for sounding the horn, virtual balise cover etc. It is worth to mentioned that baselines backwards and

forwards compatibility is defined in [6]. The rules for assigning the appropriate baseline for the GSM-R system are analogous to those applicable to ETCS and GSM-R system can be implemented in two versions: baseline 0 and baseline 1. It is important to mention that project baseline is not related to the levels installed. The report focuses on on-board systems so detailed information regarding trackside subsystem baseline version management will be intentionally omitted.

Despite the introduction of standardization and unification of requirements relating to the control-command and signalling subsystem many issues still need to be clarified. Tests carried out in laboratories in simulated conditions as well as manufacturer's operational tests do not provide sufficient information on the correct integration of on-board equipment of the subsystem with track side equipment. A more coordinated way to perform compatibility tests should be introduced in order to help operators to take appropriate decisions."

Due to arisen situation the need to verify the correct integration of both subsystems in operational conditions was noticed and individual EU Member States were required by [1] to develop operational test scenarios. These tests are intended to check proper operation of the railway system in situations relevant to the ETCS and GSM-R and to demonstrate that the subsystems under examination are compatible with each other. Test scenarios created by each country's National Safety Authority (NSA) are to be sent to the European Railway Agency (ERA) in order to create a consolidated version of scenarios valid throughout the EU community in the future [11]. Currently scenarios elaborated by these entities are used in each Member State separately. In Poland the body that defined the test scenarios was the Office of Rail Transport (UTK).

Every vehicle subject to EC verification, irrespective of the chosen evaluation module based on [3], must pass the tests of correct integration with the track-side subsystem. Such tests must be carried out by an entity having appropriate competences and qualifications. Most often it is a Notified Body (NoBo) or the Designated Body (DeBo) cooperating with it. The Railway Research Institute conducts tests on the compliance of on-board subsystems with track-side as NoBo or as DeBo depending on the function performed in the given EC verification process.

The issues of correct integration of the "Signalling On-board Subsystem" with the "Signalling Track-side Subsystem" discussed in the article are an important element in the approval of the rolling stock. This is the final verification of the vehicle before obtaining approval for the putting into service. Detected errors and irregularities must be eliminated by introducing changes to the vehicle before issuing the EC verification certificate. Each ERTMS/ETCS on-board equipment manufacturer has an individual approach to the manner in which he implements the requirements of subsets and TSIs what in the final result may require the implementation of additional measures to ensure full compatibility of subsystems. Therefore because of variance in national signalling equipment (e.g. interlocking's), operational rules, different interpretations, possible errors in design etc. tests mentioned above shall be performed in order to demonstrate the technical compatibility of the considered subsystems.

References

- 1 Commission Regulation (EU) 2016/919 of 27 May 2016 on the technical specification for interoperability relating to the 'control-command and signalling' subsystems of the rail system in the European Union.
- 2 Commission Directive 2011/18/EU of 1 March 2011 amending Annexes II, V and VI to Directive 2008/57/EC of the European Parliament and of the Council on the interoperability of the rail system within the Community.
- 3 Commission Decision (EU) 2010/713 of 9 November 2010 on modules for the procedures for assessment of conformity, suitability for use and EC verification to be used in the technical specifications for interoperability adopted under Directive 2008/57/EC of the European Parliament and of the Council.
- 4 System Requirements Specification UNISIG SUBSET-026 version 2.3.0d.
- 5 System Requirements Specification UNISIG SUBSET-026 version 3.4.0.
- 6 System Requirements Specification UNISIG SUBSET-104 version 3.3.0.
- 7 The list of the President of the Office of Rail Transport on the relevant national technical specifications and standardization documents, the use of which allows meeting the essential requirements relating to the interoperability of the rail system of 19 January 2017.
- 8 Adamski, D. *Problematyka współpracy pokładowego systemu ERTMS/ETCS z polską infrastrukturą* / D. Adamski, K. Ortel // *Autobusy*. – 2018. – Nr 6.
- 9 Kycko, M. *Metodyka certyfikacji podsystemu sterowanie* / M. Kycko // *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*. – Warsaw, 2016.
- 10 Pawlik M. *Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym, przegląd funkcji i rozwiązań technicznych – od idei do wdrożeń i eksploatacji* / M. Pawlik // KOW, Warsaw, 2015.
- 11 European Rail Traffic Management System (ERTMS) [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.era.europa.eu/activities/european-rail-traffic-management-system-ertms_en.
- 12 Gradowski, P. *Upgrading the railway infrastructure technical parameters using the example of the Control-Command and Signalling subsystem with the EC verification certificate* / P. Gradowski // *Railway Reports*, issue 182 (March 2019), ISSN 0552-2145, Railway Research Institute, Warsaw 2019, pp. 131–146.

4 ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТА

УДК 621.311

АЛГОРИТМ ПРОГРАММЫ СНИЖЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ЕЕ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ДЛЯ НЕТЯГОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Д. Н. АДАМЕНКО, В. Н. ГАЛУШКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Алгоритм программы электроснабжения электросетей продольного электроснабжения и линий автоматической блокировки железнодорожных участков основан на поиске варианта организации электроснабжения с наименьшей величиной технологического расхода электрической энергии на ее транспортировку с помощью метода статистических испытаний на основании рационального подбора электрооборудования. Результаты моделирования являются исходными данными для анализа системы электроснабжения, в частности, для правильного выбора головных трансформаторов линий ПЭ и АБ.

Алгоритм ИМ ПЭ предписывает выполнить следующие действия:

- внести исходные данные;
- рассчитать полную мощность потребителя, на основании которой осуществляется выбор номинальной мощности трансформаторов;
- рассчитать потери ЭЭ в трансформаторах и линиях на основании ТКП 460–2012. Рассчитывается потребление активной и реактивной электроэнергии за определенное время для каждого потребителя с учетом количества рабочих смен в сутки потребителя. Определяются нагрузки на высокой стороне за счет добавления потерь в трансформаторах ТП. Годовое потребление активной и реактивной ЭЭ принимается по данным технического учета;
- рассчитать полную мощность линий продольного электроснабжения и автоматической блокировки железнодорожных участков, на основании которой осуществляется выбор номинальной мощности головного трансформатора;
- определить потери в головном трансформаторе, питающем линии ПЭ и АБ;
- рассчитать распределение потерь электроэнергии между абонентами дистанции электроснабжения;
- указать число реализаций (разыгрываемых вариантов работы потребителей линии ПЭ и АБ, определяемое заранее на основании заданной точности имитации);
- получить из откликов ИМ ПЭ графика с максимальной полной мощностью нагрузки и значений коэффициентов: формы и максимума графика нагрузки; допустимого коэффициента систематической перегрузки;
- уточнить расчет параметров (изменения вторичного напряжения головного трансформатора и напряжения на потребителях) для графика с максимальной полной мощностью.

УДК 621.182/.183.002.8

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ИЗ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Р. С. АЛЕЙНИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время в Республике Беларусь остро стоит вопрос сокращения объемов захоронения отходов и создание предпосылок к «нулевому» захоронению отходов. Мировая практика показыва-

ет возможность реализации различных технологических решений, таких как извлечение вторичных материальных ресурсов, организация процесса компостирования органической части отходов, производство RDF-топлива, сжигания и др. Применение тех либо иных технологических процессов обращения с отходами зависит от множества факторов, влияющих на состав отходов. Основными из них являются уровень благосостояния населения, размеры и географическое расположение населенных пунктов, климатические условия, наличия организационных и экономических предпосылок. Тесная взаимосвязь указанных фактов и оптимальных технологических решений, основанных на экономической составляющей, требует научного обоснования, что позволит оптимально использовать инвестиционные ресурсы и сократит издержки при оказании услуг по обращению с отходами.

Объем образования твердых коммунальных отходов (далее – ТКО) в Республике Беларусь оценивается на уровне 3,8 млн т, из которых около 75 % составляют отходы потребления (от населения) и около 25 % – подобные им отходы производства (от объектов социального, культурно-бытового назначения и т. п.).

В 2018 году из ТКО было извлечено более 600 тыс. т вторичных материальных ресурсов (далее – ВМР), что составило 16 % от объема их образования. Остальной объем отходов был захоронен на полигонах.

Анализ морфологического состава ТКО показывает, что доля пригодных к использованию ВМР составляет около 25 % (с учетом ВМР, собираемых отдельно юридическими лицами и заготавливаемых у населения через приемные пункты, но без учета бытового лома металлов). С учетом уже достигнутого уровня сбора ВМР имеются резервы по вовлечению в хозяйственный оборот порядка 9 % объема ТКО, или 340 тыс. т.

Действующей Государственной программой «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2016–2020 годы (далее – Госпрограмма), утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 21.04.2016 № 326, предусматривается увеличение сбора ВМР в 2020 году на 207 тыс. т к фактическому уровню 2016 года или еще на 5 процентных пунктов от объема образования ТКО.

Данные задания ориентированы на сбор и переработку 90–95 % пригодных для повторного использования отходов бумаги и картона, стекла, шин, 70–80 % отходов бытовой техники, 30–35 % полимерных отходов.

Следует отметить, что в Республике Беларусь в целом уровень сбора ВМР от объема их образования составляет порядка 60 процентов, при этом по отдельным видам ВМР он колеблется от 18 % (отходы электрического и электронного оборудования) до 80 % (макулатура).

Таким образом, необходимо проведение дополнительных исследований по объемам образования ВМР в Республике Беларусь с выработкой рекомендаций по установлению заданий по сбору (заготовке) ВМР, поставкам отходов и предложений о целесообразности корректировки заданий по сбору (заготовке) ВМР Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2016–2020 годы.

Существующие мощности в Республике Беларусь в целом позволяют сортировать объем отходов стекла, собираемых в Республике Беларусь, а потребности белорусских переработчиков за счет сбора стекла в республике полностью удовлетворяются. Основной объем отходов стекла экспортируется, так как имеющиеся мощности стекольных предприятий загружены только на 40–50 %. При этом на экспорт отгружается сортированный стекломой и отсеив, не востребованный на внутреннем рынке и цены экспортных поставок выше внутренних в 1,3–1,7 раза

Объем образования отходов пластмасс составляет 330 тыс. т в год. В настоящее время в республике функционирует более 100 объектов по переработке отходов пластмасс с расчетной потребностью около 100 тыс. т в год. Отходы пластмасс характеризуются широким спектром исходных материалов, которые объединяются в следующие основные группы:

- полиолефины (полиэтилен низкой и высокой плотности, полипропилен, сополимеры этилена и пропилена);
- полистиролы (блочный, суспензионный, ударопрочный, сополимеры стирола);
- ПЭТ;
- полиамиды (литье, кордная ткань, чулки);
- поливинилхлориды (пластикат, винипласт);
- поликарбонат;
- полиметилметакрилат (оргстекло);

- фторопласт;
- полиакрилонитрил (не пригодны для вторичной обработки);
- реактопласты (фенопласты, резольные смолы и прочее – не пригодны для вторичной обработки).

В составе коммунальных отходов основной объем отходов полимеров составляют полиолефины и ПЭТ, в меньших количествах полистиролы и поливинилхлориды, затем – прочие полимеры. В настоящее время в Республике Беларусь имеются достаточные мощности по переработке отходов ПЭТ, а также чистых отходов полиолефиновой группы (пленок и емкостей).

Мощности по переработке загрязненных отходов полиолефиновой группы в последние годы активно развиваются. Введено в эксплуатацию оборудование в ОАО «Белвторполимер» и ОАО «БЗПИ».

По экспертным оценкам, если упаковочные пленки, собираемые в торговых объектах (около 20 % объемов отходов полиолефиновой группы), перерабатываются на 90–95 %, твердая упаковка (емкости, около 20 % объемов) – на 55–60 %, то пленка из состава смешанных ТКО (около 25 % объемов) перерабатывается на 20–25 %, агропленки (около 20 % объемов) – на 10–15 %, полипропиленовая упаковка (мешки, около 10 процентов) – на 20 %.

В мировой практике кроме собственно переработки отходов полимеров применяются технологии их использования для получения тепловой и (или) электрической энергии на мусоросжигательных заводах, цементных заводах, ТЭЦ.

Объем образования изношенных шин и резиносодержащих отходов составляет около 65 тыс. т в год, в том числе шины – 42,1 тыс. т – отходы производства и 12,8 тыс. т – отходы потребления (из состава ТКО). В республике функционирует 12 объектов по переработке изношенных шин с расчетной потребностью более 78,7 тыс. т в год, из которых фактически отходы шин используются на 10 объектах мощностью 65,4 тыс. т в год.

Объем образования отходов электрического и электронного оборудования составляет 25–35 тыс. т в год. На сегодня в республике работает 18 организаций, занимающихся переработкой ОЭЭО. При этом используется в основном ручная разборка техники.

Таким образом, существует широкий спектр возможностей получения топлива из коммунальных отходов, обеспечивающих импортозамещение природного газа и сокращение объемов захоронения отходов.

УДК 621.311:502.3:656.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВАГОННЫХ ЦИСТЕРН ПОД НАЛИВ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

М. В. АНДРЕЙЧИКОВ, О. В. ГОРБАЧЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Отличительной особенностью предприятий Белорусской железной дороги является широкий перечень как специфических, так и типовых технологических процессов, связанных с выбросом загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Среди специфических процессов интерес представляет подготовка железнодорожных цистерн к наливу различных нефтепродуктов, осуществляемая на промывно-пропарочной станции (ППС) Барбаров. В текущем году сотрудниками отдела ЭиЭТ ИЦ ЖТ БелГУТа разработан акт по инвентаризации выбросов промывно-пропарочной станции Барбаров и проект допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. В ходе выполнения работ выявлено, что в общем объеме выбросов загрязняющих веществ преобладает комплекс углеводородов: углеводороды предельные C₁–C₁₀, ксилол, бензол, толуол, углеводороды предельные C₁₁–C₁₉, выделяющиеся при процессах пропарки, мойки и дегазации цистерн из-под светлых и темных нефтепродуктов. При выполнении работ во время этих технологических процессов в атмосферу выбрасывается порядка 200 т/год указанных углеводородов, что составляет практически 95 % суммарного годового выброса предприятия. В ходе инвентаризации выявлено, что линия обработки цистерн из-под светлых и темных нефтепродуктов, где применяется современный закрытый цикл обработки, в значительной степени превосходит по своим экологическим характеристикам линию, использующую традиционные технологии подготовки цистерн под налив (напри-

мер, при условии обработки одинакового количества цистерн из-под бензина суммарный выброс загрязняющих веществ только при непосредственной обработке цистерн на линии с традиционной технологией в 6,1 раза выше по сравнению с суммарным выбросом загрязняющих веществ на линии с закрытым циклом). Разница заключается в первую очередь в применении практически полностью изолированного от атмосферы цикла обработки самих цистерн, когда нагретый моющий раствор (температурой порядка 80 °С) после применения вместе с остатками нефтепродуктов удаляется в специальные емкости по трубопроводам. Эта система исключает выброс загрязняющих веществ при процессах пропарки, мойки и дегазации не только из горловин цистерн, но и из подвагонных лотков, по которым горячая вода в смеси с нефтепродуктами, удаленными из цистерн, стекает в специальные емкости для дальнейшей переработки. Отсутствие возможности корректно определить выбросы загрязняющих веществ от подвагонных лотков, по которым удаляется смесь горячей воды и нефтепродуктов при обработке цистерн на старой линии не позволяют достоверно определить количество выбрасываемых при этом загрязняющих веществ, однако исходя из общей площади лотков и количества смеси, удаляемой с их помощью, можно предположительно сделать вывод о значительном количестве таких веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух. Расчеты показали, что в случае модернизации существующей старой линии до уровня линии с закрытым циклом обработки выброс загрязняющих веществ снизится как минимум на 70–80 % по сравнению с существующей на сегодня ситуацией. Существенные капитальные вложения значительно замедляют процесс такой модернизации. Однако с учетом очевидного эффекта от снижения выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух и, как следствие, понижения экологического налога, а также от эффекта значительно большей энергоэффективности технологии обработки железнодорожных цистерн под налив нефтепродуктов с закрытым циклом данный вопрос является весьма актуальным в настоящее время.

УДК 621.432.3-681.58

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЮНИТ-МОДУЛЬНОЙ КОМПОНОВКИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДИЗЕЛЕЙ ТЕПЛОВЗОВ

В. Н. БАЛАБИН, В. Н. ВАСИЛЬЕВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

В настоящее время группой специалистов МИИТа рассматривается концепция юнит-модульной компоновки вспомогательного оборудования автономных дизельных локомотивов.

Идея метода модульного проектирования состоит в разделении всего оборудования на модули различного функционального назначения, которые после полной сборки и проверки соединяются в единое целое. Модули могут легко объединяться, образуя сложные комплексы, разъединяться и заменяться с целью получения систем с другими компонентами и характеристиками при ремонте или модернизации. При этом должна достигаться цель – упрощение разработки, тестирования и поддержание вновь создаваемых систем, сведение числа связей между различными частями системы к минимуму [1].

Самый громоздкий и насыщенный модуль в тепловозе – модуль системы охлаждения (МСО), предназначенный для циркуляции теплоносителя и отвода тепла от агрегатов, узлов, деталей дизеля и турбокомпрессора, а также от масла системы смазки и наддувочного воздуха. За исключением прохода модуль занимает весь объем холодильной камеры и примыкающее со стороны машинного отделения пространство.

В модуле летнего исполнения (рисунок 1) сохранена базовая комплектация оборудования, включающая вентиляторы с электроприводом. В зимнем варианте традиционный блок вентиляторов отсутствует, а в нижней части осушаемых секций возможна установка полнообъемных теплоаккумуляторов воды, масла и топлива дизеля. Поэтому МСО предназначен для максимальной концентрации оборудования и арматуры, обеспечивающих циркуляцию теплоносителя при отводе тепла от дизеля и турбокомпрессора («горячий» контур) и от масла системы смазки и наддувочного воздуха («холодный» контур) [2].

Для более гибкого автоматического регулирования температуры теплоносителя вне зависимости от режима нагружения дизеля предлагается замена механического привода насосов от коленчатого вала дизеля на автономный электрический.

При управлении скоростью потока жидкости в системе охлаждения появляется возможность поддерживать требуемый в определенный момент работы двигателя температурный перепад в паре дизель – охлаждающее устройство. Это является немаловажным, так как от этого параметра зависит эффективность системы охлаждения, а соответственно и затраты на отбор мощности на вспомогательные нужды.

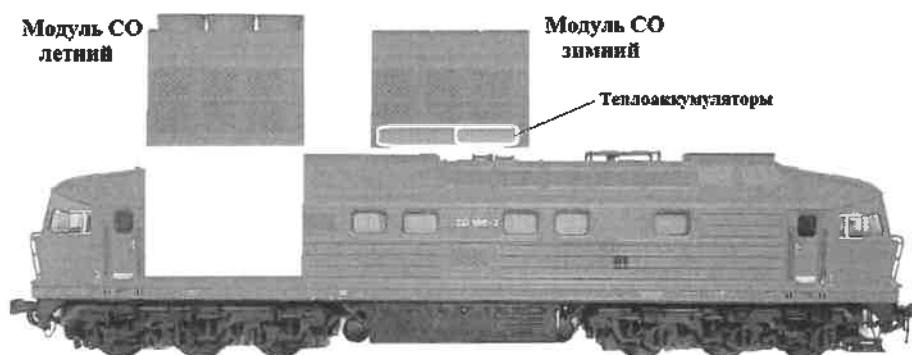


Рисунок 1

Система охлаждения дизеля тепловоза конструируется из расчета потребности в отводе тепла при максимальной нагрузке дизеля, соответствующей наибольшей потребляемой мощности агрегатов и устройств этой системы и максимальной температуре окружающей среды.

На отечественных тепловозах электропривод вспомогательного оборудования на переменном токе был впервые применен в 1968 г. на тепловозе ТЭ109. Впоследствии им стали оборудовать тепловозы 2ТЭ116, 2ТЭ121, 2ТЭ126.

Диапазон рабочих скоростей вращения вала насосов можно разбить на несколько равных частей. В таком случае можно задаться коррелирующим параметром например, количеством теплоты, выделяемым в контур охлаждения на каждой позиции контроллера машиниста. Это количество теплоты пропорционально мощности дизеля на данной позиции, что позволяет повысить эффективность работы системы охлаждения по сравнению с существующей схемой приема и отвода тепла.

Применение электропривода водяных насосов позволяет поддерживать в более жестких рамках температуру теплоносителей независимо от частоты вращения коленчатого вала двигателя. При этом стабилизируется рабочий процесс в цилиндрах и выходные характеристики дизель-генератора, снизится расход топлива.

При базовой МСО оборудование дизеля связано с агрегатами на тепловозе восьмью основными трубопроводами, а при модульной компоновке – всего пятью. Кроме этого, отпадает необходимость в насосе отдельного контура предпускового подогрева.

Основным условием размещения и компоновки модулей является соединение всех модулей топливной системы, системы смазки и МСО через водяные трубопроводы! При этом агрегаты, относящиеся одновременно к двум модулям, такие как топливоподогреватель и водомасляные теплообменники, должны быть установлены соответственно в модулях топливной системы и системы смазки, а не в модуле МСО. Тогда в случае обрыва соединительных трубопроводов произойдет утечка воды, а не нефтепродуктов!

Итак, модульный принцип проектирования позволит ускорить разработку и выпуск новых модификаций систем и оборудования.

Регулируя температуру теплоносителя вне зависимости от режима нагружения дизеля, предлагается заменить механический привод насосов системы охлаждения от коленчатого вала дизеля на автономный.

Возможность независимого регулирования производительности насосов по контурам позволит повысить топливную экономичность дизеля до 2–4 % за счет поддержания высоких значений температур теплоносителей во всем диапазоне нагрузок дизеля и температур окружающей среды.

Основное отличие модульной компоновки вспомогательного оборудования перспективных тепловозов заключается в том, что приобретаемый для установки на тепловоз дизель представляет собой своеобразный полуфабрикат, на котором отсутствует всё навесное оборудование, такое как насосы, фильтры и арматура водяной, масляной, топливной системы, регуляторы частоты вращения и мощности, предохранительные и подпорные клапаны любого назначения, всевозможные датчики

давления и температуры. Всё это оборудование распределено по соответствующим модулям. Такое перераспределение позволяет значительно упростить общую компоновку машинного помещения, упорядочить расположение трубопроводов, силовых и сигнальных кабелей, обеспечить необходимый доступ к узлам дизеля и элементам модулей как внутри тепловоза, так и снаружи.

Предложенные мероприятия позволят повысить производительность и топливную экономичность тепловоза в эксплуатации.

Список литературы

- 1 Куликов, Ю. А. Системы охлаждения силовых установок тепловозов / Ю. А. Куликов. – М. : Машиностроение, 1988. – С. 280.
- 2 Балабин, В. Н. Принцип модульности в проектировании современных автономных локомотивов / В. Н. Балабин, Ф. Винклер // Наука и транспорт. – 2012. – № 3. – С. 22–24.

УДК 504.61

АКУСТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА СЕЛИТЕБНУЮ ТЕРРИТОРИЮ

К. В. БАРАНОВСКИЙ, Е. А. ТЕМНИКОВ, В. В. МАКЕЕВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В современном городе расположение селитебной территории в непосредственной близости к железнодорожным транспортным объектам является распространенным явлением. При этом возникает проблема шумового загрязнения данной территории от источников шума железнодорожных объектов (подъезные и магистральные железнодорожные пути, сортировочные горки, дистанции погрузки разгрузки и т. д.). Большинство железнодорожных объектов построено и эксплуатируются на протяжении многих лет, в то время как растущие микрорайоны сокращают расстояние до объектов железнодорожного транспорта.

Нормативным документом, регламентирующим минимально допустимое расстояние до жилых домов от железнодорожных объектов, является ТКП 45-3.01-116-2008 [1]. В соответствии с данным документом минимально допустимое расстояние от оси железнодорожных путей составляет 100 м [1, п. 11.2.7]. В соответствии с этим пунктом большинство новых домов строится на данном расстоянии. Однако в большинстве случаев данного расстояния не достаточно и требуется детальный расчёт шумового загрязнения.

В работе проведены исследования шумовых характеристик различных объектов железнодорожного транспорта: сортировочная горка при торможении пневматическими замедлителями и вручную при помощи тормозных башмаков, вибратор при разгрузке вагонов на повышенном пути. Акустические характеристики получены путем непосредственных измерений при помощи шумомера аккредитованной лабораторией «Энергоэффективность и охрана труда» испытательного центра железнодорожного транспорта Белорусского государственного университета транспорта. Значения шумовых характеристик при движении грузового поезда определены программно для состава из 40 вагонов на скорости 60 км/ч. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Акустические характеристики источников шума

N	Высота польемя, м	Уровни звукового давления (мощности, в случае $R = 0$), дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами в Гц										$L_{A, eq}$, дБА	$L_{A, max}$, дБА
		Дистанция замера (расчета) R, м	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Ручное торможение башмаками	1,5	1,5	84,8	87,0	95,9	103,6	105,6	104,0	105,0	104,9	97,9	111,2	120,0
Пневматические замедлители	1,5	2,5	84,0	86,7	85,6	85,7	89,4	90,0	117,0	112,4	109,1	119,2	131,2
Вибратор при выгрузке вагонов	1,5	13,5	105,4	105,3	102,0	102,7	101,5	98,3	97,7	94,1	87,4	104,4	105,1
Грузовой состав	1,5	25	57,9	57,9	49,3	49,1	52,6	49,9	48,1	43,0	33,3	55,1	88,3

Учет времени воздействия производился в соответствии с ГОСТ 12.1.050–86 [2] для эквивалентного уровня шума. Максимальный шум не пересчитывается на время воздействия.

В соответствии с информацией, представленной Белорусской железной дорогой, средняя продолжительность роспуска состава на горке составляет 25 минут, время расформирования – 378 минут в сутки. Пропорционально разделенное время роспуска в дневное время составит 252 минуты и 126 минут в ночное время.

Время работы вибратора в дистанциях погрузки и разгрузки грузов в сутки составляет 60 минут. Работа осуществляется только в дневное время.

Время прохождения одного состава – 36 секунд на скорости 60 км/ч. На действующем пути в среднем за сутки проходит 20 поездов. Тогда время воздействия составляет 12 минут по одному пути в сутки. Соответственно пропорционально разделенное время роспуска составит 8 минут в дневное время и 4 минуты в ночное время.

На основании представленной информации был произведен расчет с целью определения минимального допустимого расстояния для расположения селитебной территории при условии воздействия различных видов железнодорожных объектов.

Значения нормативных предельно допустимых значений уровней шума представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения ПДУ для шума на селитебной территории

Дневное время		Ночное время	
$L_{A\text{eq}}$, дБА	$L_{A\text{max}}$, дБА	$L_{A\text{eq}}$, дБА	$L_{A\text{max}}$, дБА
55	70	45	60

Расчет выполнен в программе «Эколог-Шум» версия 2.4.2.5118. При расчете не учитывались препятствия на пути распространения шума. Результаты расчета представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчетные значения минимальных расстояний от источника шума для соответствия нормативным значениям на селитебной территории

Источник шума	Расстояние, м	
	Дневное время	Ночное время
Ручное торможение башмаками	Менее 100	1100
Пневматические замедлители	1100	1870
Вибратор при выгрузке вагонов	955	–
Грузовой состав	1170	2500

Полученные результаты показали, что расстояние (100 м) [1] от оси пути до границ возможного расположения селитебной территории не обеспечивает снижение шума до нормативного значения. При новом строительстве жилых объектов необходим индивидуальный расчет расстояния распространения шума и, при необходимости, расчет характеристик шумозащитных мероприятий.

Список литературы

- 1 ТКП 45-3.01–116–2008. Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки. – М-во архит. и строительства Респ. Беларусь. – Минск, 2008.
- 2 ГОСТ 12.1.050–86. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Методы измерения шума на рабочих местах (с Изменением № 1). – М. : Стандартинформ, 2007.
- 3 СанПиН № 115. Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 16.11.2011 г. Введ. с 01.01.2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : minzdrav.gov.by. – Дата доступа : 03.09.19.

УДК 504.61

СНИЖЕНИЕ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА СЕЛИТЕБНОЙ ТЕРРИТОРИИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВАГОННЫХ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ НА СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКЕ СТАНЦИИ ГОМЕЛЬ-СОРТИРОВОЧНЫЙ

К. В. БАРАНОВСКИЙ, Е. А. ТЕМНИКОВ, В. В. МАКЕЕВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. И. ХОЛЯВКО
Гомельское отделение Белорусской железной дороги

Для снижения шумового загрязнения селитебной территории вблизи расположения сортировочной горки станции Гомель-Сортировочный специалистами Гомельского отделения Белорусской

железнодорожной дороги была проведена установка тормозных шин вагонных замедлителей с модифицированными вставками (далее – модифицированные вставки), позволяющими, по заявлению изготовителя, снизить уровень шума при эксплуатации горки.

Испытательным центром железнодорожного транспорта БелГУТа произведены измерения уровней шума при работе модифицированных и стандартных вставок. Измерения проводились на 1-м пучке 15-го пути станции Гомель-Сортировочный. Микрофоны устанавливались с обеих сторон замедлителя на расстоянии 4 м, на высоте 1,5 м. Время каждого измерения определялось временем прохождения отцепа по тормозной позиции (время работы замедлителя).

При измерении использовалось следующее оборудование: шумомер-анализатор спектра Экофизика-110А, шумомер-анализатор спектра ОКТАВА 111. В ходе проведения испытаний производилось торможение отцепа из пяти полувагонов четыре раза с различной скоростью их движения. Два раза торможение осуществлялось замедлителями с модифицированными вставками и два раза замедлителями со стандартными вставками. Скорость движения на уровне тормозной позиции вычислялась на основании определения времени прохода отцепа мимо измерительной позиции.

В настоящее время изготовитель модифицированных вставок замедлителей находится на стадии определения оптимального их состава, поэтому в одном и том же замедлителе устанавливались различные по составу модифицированные вставки. В работе измерялись шумовые характеристики от вставок, находящихся справа и слева по ходу движения отцепа с горки.

Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни звука при работе замедлителей

Расположение замедлителей	Скорость движения состава, км/ч	Эквивалентный уровень звука, L_{Aeq} , дБА	Максимальный уровень звука, L_{Amax} , дБА
<i>Со вставками в тормозных шинах</i>			
Справа	7–8	102,84	114,89
Слева		102,83	114,05
Справа	16–17	119,45	125,67
Слева		121,48	129,85
<i>Стандартные</i>			
Справа	7–8	114,17	124,12
Слева		114,98	125,76
Справа	16–17	118,87	125,12
Слева		118,56	126,07

Итоговые результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Определение шумовых параметров тормозных шин замедлителей

Расположение замедлителей	Скорость движения отцепа, км/ч	Вид замедлителя	Эквивалентный уровень звука		Относительное изменение эквивалентного уровня шума, %	Максимальный уровень звука		Относительное изменение максимального уровня шума, %
			L_{Aeq} , дБА	L_{Aeq} , Па		L_{Amax} , дБА	L_{Amax} , Па	
Слева	7–8	С модифицированными вставками	102,8	2,8	–75,3	114,1	10,1	–74,0
		Стандартный	114,9	11,2		125,8	38,8	
Справа		С модифицированными вставками	102,8	2,8	–72,8	114,9	11,1	–65,4
		Стандартный	114,2	10,2		124,1	32,1	
Слева	16–17	С модифицированными вставками	121,5	23,7	+39,9	129,8	62,2	+54,5
		Стандартный	118,6	16,9		126,1	40,2	
Справа		С модифицированными вставками	119,5	18,8	+6,9	125,7	38,4	+6,5
		Стандартный	118,9	17,6		125,1	36,1	

Исследованиями установлено, что уровни звука (максимальные и эквивалентные) при работе замедлителей с модифицированными вставками ниже на 12 дБ (73–75 %) по сравнению с уровнем звука при работе стандартных замедлителей при движении вагонов через замедлитель со скоростью 7–8 км/ч. При движении вагонов через замедлитель с более высокой скоростью (16–17 км/ч) уровни звука (максимальные и эквивалентные) при работе замедлителей с модифицированными вставками выше на 0,5–3 дБ (7–40 %) по сравнению с уровнем звука при работе стандартных замедлителей. Эффективность снижения уровней звука при применении модифицированных замедлителей зависит от скорости движения вагонов по тормозной позиции.

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВОДОПОДГОТОВКИ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
ОБЪЕКТА СОЦИАЛЬНО-БЫТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
В ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

Г. Н. БЕЛОУСОВА, Ю. А. АВЧИННИКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проектирование жилого комплекса предусматривает наличие объектов инфраструктуры, обеспечивающих комфортные условия для жильцов. Необходимы предприятия бытового обслуживания, среди которых можно выделить производящие материальные ценности и относящиеся одновременно к сфере обслуживания и к сфере материального производства. Это ателье по индивидуальному пошиву одежды, обуви, головных уборов, изготовлению мебели и другие.

В другую, еще более разнообразную группу, входят услуги, связанные с личной гигиеной (прачечные, бани, парикмахерские, химчистки, салоны красоты), уходом за домом (уборка, мытье окон), личным транспортом и другие. В дипломном проекте был разработан проект прачечной для бытового обслуживания жильцов и других объектов социально-бытовой инфраструктуры жилого комплекса.

Водоснабжение прачечной осуществляется от городского водопровода. Прачечные оборудуют отдельными системами хозяйственно-питьевого и производственного водопроводов. При этом вода, подаваемая для технологических и хозяйственно-питьевых нужд, должна соответствовать требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Чтобы процесс стирки белья был эффективным необходимо применять воду с жесткостью не более 1,8 мг-экв/л, что меньше, чем норматив общей жесткости в питьевой воде – 7,0 мг-экв/л.

Карбонатная (временная) жесткость обуславливается содержанием в ней гидрокарбонатов кальция и магния. Вследствие повышенных значений временной жесткости при нагреве воды для стирки появляются неорганические отложения – инкрустации. Основные их признаки: повышенная зольность ткани и коммуникаций, налет на рабочих элементах стиральной аппаратуры, механические разрывы волокон, выход из строя ТЭНов, гладильных устройств (войлоков катков).

Некарбонатная (постоянная) жесткость зависит от содержания кальциевых и магниевых солей серной, соляной и азотной кислот. При нагревании воды они не образуют твердых отложений, однако взаимодействуют с моющими средствами.

Во время взаимодействия мыльно-щелочных средств для стирки с ионами магния и кальция получаются мыльные соли, не способные растворяться в воде. В результате снижается действие стирального порошка или мыла, повышается потребность в них для получения нормального результата.

При использовании ионообменных фильтров ионитовая загрузка поглощает из воды ионы загрязнений, заменяя их на эквивалентное количество собственных ионов. Этот способ обеспечивает глубокое умягчение воды при концентрации взвешенных веществ до 8,0 мг/дм³, в умягчаемой воде их содержание – 1,5 мг/дм³.

Так как требуемая жесткость более 0,1 г-экв/м³, применяется одноступенчатая схема натрий-катионирования, в качестве загрузки используется катионит *Purolite C100 Na*.

После расчета площади катионитовых фильтров и высоты загрузки к установке принимается 1 рабочий и 1 резервный фильтры марки *Aquafilter AF-45-V-760* диаметром 1800 мм.

В ходе работы прачечной образуются хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды. Состав хозяйственно-бытовых стоков, образующихся в результате функционирования санитарно-технического узла для работников, позволяет их отведение в городскую сеть канализации без дополнительной очистки. Производственные сточные воды образуются в процессе стирки и влажной уборки стирально-сушильных отделений.

В проекте предусматривается установка локальных очистных сооружений (ЛОС) для очистки производственных сточных вод с дальнейшим отведением их в городскую сеть канализации города.

На основании экспериментальных данных, полученных из химической лаборатории, концентрации загрязняющих веществ в сточной воде приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Эффекты очистки сточных вод по приведенным веществам

Показатель	Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³		Необходимый эффект очистки, %
	В поступающей на ЛОС сточной воде	ПДК при сбросе в городскую канализацию	
СПАВ анионогенные	43,17	10,0	82,27
СПАВ неионогенные	13,22		
Взвешенные вещества	380,20	150,0	60,55
ХПК ₅	472,5	250,0	47,09
БПК ₅	355,0	100,0	71,83
Фосфаты	8,67	10,0	–
Сульфаты	79,67	150,0	–
Хлориды	89,90	100,0	–

Наиболее характерным загрязнением сточных вод прачечной являются ПАВ, которые широко применяются в качестве моющих средств. Очистка от них может производиться при помощи деструктивных и регенеративных методов. Деструктивная очистка проводится окислительными методами: озонированием, хлорированием, электроокислением, фотолизом, биохимическим методом. Регенеративная очистка от ПАВ чаще всего проводится сорбцией, также применяются ионнообменный и мембранный методы, обратный осмос и электродиализ.

По принятой в дипломном проекте схеме предусматривается обработка сточных вод во флотационной установке с применением коагуляции. Сущность флотационной очистки состоит в том, что сточные воды искусственно насыщаются воздухом, на поверхности пузырьков которого адсорбируются частицы загрязнений и всплывают вместе с ними на поверхность воды, откуда удаляются. Этот метод эффективен для удаления веществ, плотность которых меньше плотности сточной жидкости или близка к ней. К таким веществам, в частности, относятся СПАВ. Коагулянты ослабляют гидрофильные особенности поверхности взвешенных частиц, что обеспечивает эффективное прилипание взвешенных частиц к воздушным пузырькам и облегчает их удаление из воды в процессе флотации. При использовании реагентов сорбция происходит также на продуктах коагуляции, попутно происходит обесцвечивание воды – удаляются взвешенные и коллоидные примеси. Загрязнения, всплывающие на поверхность в виде пены, подвергаются отдельной обработке. В результате использования выбранной технологической схемы очистки концентрация загрязняющих веществ снизится до нормативных требований.

По расчету приняты следующие локальные очистные сооружения: усреднитель-смеситель барботажного типа, так как содержание взвешенных веществ в сточной воде не превышает 500 мг/дм³; многокамерная флотационная установка; для обработки осадков сточных вод методом статического и динамического сгущения или обезвоживания – 1 рабочая и 1 резервная центрифуги марки ОТР-10. Выделившаяся в процессе центрифугирования вода отводится в городскую канализационную сеть. Для хранения осадка предусматривается емкость размерами 2,0×2,0×1,0 м.

Для очистки производственных сточных вод, содержащих в своем составе загрязняющие вещества в концентрациях, которые превышают предельно допустимые для сброса в городскую сеть водоотведения, предусмотрена очистка на локальных очистных сооружениях. Также предусмотрены меры по утилизации и депонированию выделяющегося осадка.

УДК629.424.3.628.512.424

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕПЛОВЗОВ

В. Г. БУЛАЕВ

Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, Российская Федерация

Многие годы в мире ведется интенсивный поиск способов снижения выброса вредных веществ от передвижных транспортных источников с приводом от двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Разработаны новые конструктивные решения, позволившие значительно улучшить их токсические (экологические) характеристики. В результате проведенных мероприятий токсичность ДВС была

значительно снижена. Но одновременно ужесточались нормы на выброс (токсичность), вредных отработавших газов (ОГ).

Со значительным временным отставанием дизель-тепловозостроительные заводы во многих странах мира приступили к решению аналогичной проблемы, т. к. двигатели, установленные на железнодорожных транспортных средствах, являются основными потребителями жидкого углеводородного топлива в стране, что обеспечивает значительный выброс вредных веществ в воздушный бассейн страны.

Основная масса выбросов загрязняющих веществ на железнодорожном транспорте осуществляется тепловозами. По расчетам, основанным на расходе дизельного топлива и инструментальном контроле, суммарный выброс вредных веществ от тепловозов в системе ОАО «РЖД» составляет до 1,2 млн т в год. Тепловозы типа ТЭМ 2 и ТГМ 6 с мощностью двигателя 1200 л. с. при потреблении в год от 140–160 т дизельного топлива выбрасывают в окружающую среду до 30 т вредных веществ, что приводит к локальному загрязнению воздушной среды.

Ощутимое локальное загрязнение происходит при эксплуатации тепловозов на промышленных предприятиях, когда для осуществления технологического процесса тепловозы заходят в производственное помещение на расстояние до 1200 метров (в основном предприятия металлургического и автомобилестроительного комплексов), что приводит к загрязнению воздуха рабочей зоны вредными компонентами, значительно превышающими санитарно-гигиенические требования по ГОСТ 12.1.005–89.

ОГ ДВС – многокомпонентная смесь (до 200 газообразных компонентов и до 1000 наименований твердых частиц, последние обладают большей агрессивностью по сравнению с газообразными). Наиболее опасны канцерогены, которые провоцируют образование раковых клеток в частности. Твердые частицы имеют размер порядка 0,25 мкм и могут длительное время находиться во взвешенном состоянии в воздухе (до 10 суток), увеличивая отрицательное воздействие на самочувствие человека.

Для обезвреживания ОГ используются различные методы: каталитическое (беспламенное) дожигание продуктов неполного сгорания топлива, восстановление оксидов азота до элементарного кислорода и азота, удаление соединений серы из дизельного топлива.

С момента возникновения проблемы в конструкцию двигателей внесено много изменений, что позволило удовлетворить требования существующих на тот момент норм (до начала текущего века), но возможности дальнейшего совершенствования конструкции дизеля для снижения его токсичности практически исчерпаны, т. к. нормы на выброс вредных веществ от тепловозов многократно ужесточились. Так, нормы на выброс вредных веществ для тепловозов США Tier с 2000 г. ужесточились в 20 раз на содержание твердых частиц, в 7,3 раза – на оксиды азота). Следует ожидать их ужесточения в будущем, поэтому дальнейшее соответствие установленным ограничениями на выброс вредных веществ от транспортных средств становится возможным только за счет применения дополнительных систем обезвреживания ОГ.

УрГУПС (ранее УЭМИИТ) совместно с Людиновским тепловозостроительным заводом разработали систему обезвреживания ОГ тепловоза ТГМ6А, которая состояла из каталитического нейтрализатора с использованием гранулированного катализатора для дожигания продуктов неполного сгорания топлива (СО, СН, альдегидов, сажи и др.) и рециркуляции части ОГ во всасывающую систему дизеля, способствующую снижению выбросов оксидов азота.

Применение рециркуляции газов приводит к снижению содержания оксидов азота на 18 % (на первой ПК) и 57 % (на четвертой ПК), но при этом возрастает концентрация оксида углерода, сажи на 20 %. Происходит полное обесцвечивание ОГ, устранение неприятного запаха при работе дизеля с рециркуляцией ОГ в режиме холостого хода происходит снижение выброса оксидов азота на 15–33 % и снижение часового расхода топлива на 4,5 %.

Определена целесообразная область работы дизеля с рециркуляцией газов, которая лежит в пределах от режима холостого хода до 0,48 $N_{e_{ном}}$. На эту область работы в общем балансе работы дизеля на маневровом тепловозе приходится до 80 %.

По мере эксплуатации системы рециркуляции происходило отложение сажи в воздухоподводящем канале дизеля, что потребовало дополнительной установки фильтра для её улавливания. Первоначально использовался матерчатый фильтр, который в силу его неэффективности был заменен на каталитический сотовый блок с марганцевым катализатором. При длительной эксплуатации происходит отложение сажи непосредственно в каналах блока, особенно при работе на низких пози-

циях контроллера, когда температура ОГ ниже температуры возгорания сажи и масла (450–600 °С), поэтому требуется периодически чистить блок. Существует несколько подходов для повышения эффективности регенерации фильтрующего элемента ОГ дизеля: очистка сажевого фильтра без снятия; промывка сажевого фильтра со снятием всей системы обезвреживания.

При разработке системы обезвреживания ОГ дизеля 8 ЧН 26/26 тепловоза ТГМ 6А были использован каталитический нейтрализатор, в котором происходит дожигание продуктов неполного сгорания топлива: СО – на 80–90 %, СН – на 55–65 %, альдегидов – на 90–95 % и рециркуляция части ОГ во всасывающую систему дизеля, способствующая снижению выбросов оксидов азота.

Анализируя накопленный опыт разработки систем обезвреживания ОГ тепловозных дизелей с учетом ужесточающихся требований, можно наметить следующие перспективные технические меры.

1 Каталитический нейтрализатор с фильтром для улавливания твердых частиц и рециркуляция ОГ с фильтром для улавливания сажи.

2 Каталитический нейтрализатор с фильтром для улавливания твердых частиц и впрыском раствора мочевины.

Использование водного раствора мочевины для снижения выбросов оксидов азота в ОГ дизелей обусловлено безопасностью, удобством его хранения и транспортировки, а также высокой восстановительной способностью аммиака, который получается из мочевины непосредственно на тепловозе.

УДК 62-231.331

КОНСТРУКЦИЯ СМЕСИТЕЛЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ДОБАВОК И АМИНОКИСЛОТ ДЛЯ МАЛОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Е. Б. ГАЛАБУРДА, В. Г. СОРОКИН, Т. Н. ПЬЖИК, Л. В. МИХАЙЛОВА
Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь

Введение. В любой сельскохозяйственной отрасли, связанной с ведением животноводческого хозяйства используются корма, качество и питательные параметры которых напрямую зависят от введения биологически активных добавок и аминокислот. К данным компонентам предъявляются высокие требования, так как от их качества напрямую зависит прирост массы тела у молодняка. Одним из важнейших аспектов приготовления кормового премикса является правильность смешивания всех компонентов между собой для достижения максимального рассредоточения всех компонентов по всему объему изготавливаемого корма [1, 2].

Цель настоящей статьи – разработка оптимальной конструкции смесителя, используемого не на промышленном комплексе, а в среде небольшого фермерского хозяйства.

Разработка конструкции смесителя биологических добавок и аминокислот для малого сельскохозяйственного предприятия. Предлагаемая конструкция смесителя состоит из станины, пирамидального барабана со съёмной пирамидой, электродвигателя с редуктором, цепной передачи (рисунок 1). Съёмная пирамида крепится к основному барабану посредством замка и снимается с целью добавления и извлечения смешиваемого порошка.

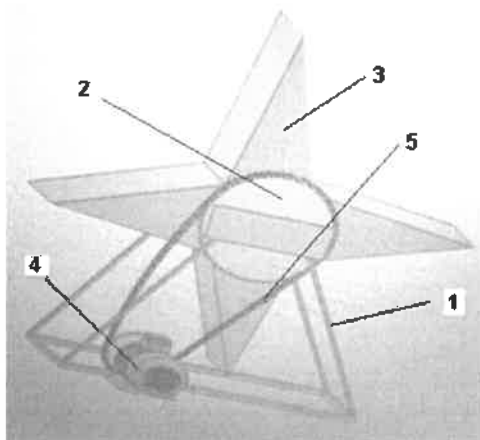


Рисунок 1 – Конструкция смесителя биологических добавок и аминокислот:

1 – станина; 2 – пирамидальный барабан; 3 – съёмная пирамида;
4 – электродвигатель с редуктором; 5 – цепная передача

Пирамидальный барабан сконструирован с тремя неразъемными пирамидами и одной съёмной. Съёмная пирамида крепится к основному барабану посредством замка и снимается с целью добавления и извлечения смешиваемых компонентов. В электродвигателе сделаны конструктивные изменения для создания вибрации, которая дополнительно создаёт предпосылки для равномерного смешивания составляющих премикса.

Разработанная конструкция смесителя проста в исполнении и практична при эксплуатации. Основным преимуществом исполнения смесителя в таком виде является то, что смешивание компонентов происходит слоями посредством пересыпания из более узкой части пирамиды в широкую, тем самым обеспечивая максимально равномерное смешивание компонентов.

Изготовление образца предлагаемого смесителя. Барабан выполнен из листового металла толщиной 1 мм, который подвергся резке на треугольные пластины и соединен посредством сварных швов. Станина выполнена из профилированной трубы 30×60 мм. Для достижения низкой скорости вращения взят электродвигатель с частотой вращения 1500 об./мин, понижающий редуктор с передаточным числом 1:3, а также цепная передача с соотношением передаточных чисел 1:4. В конечном итоге частота вращения барабана – 1 об./мин. При таком вращении компоненты пересыпаются по секциям не создавая пыли. Также на ротор двигателя установлен эксцентрик для добавления вибрации, которая исключает зависание порошков на стенках секций и тем самым увеличивает качество пересыпания. На рисунке 2 показан кормосмеситель, изготовленный в условиях малого сельхозпредприятия.

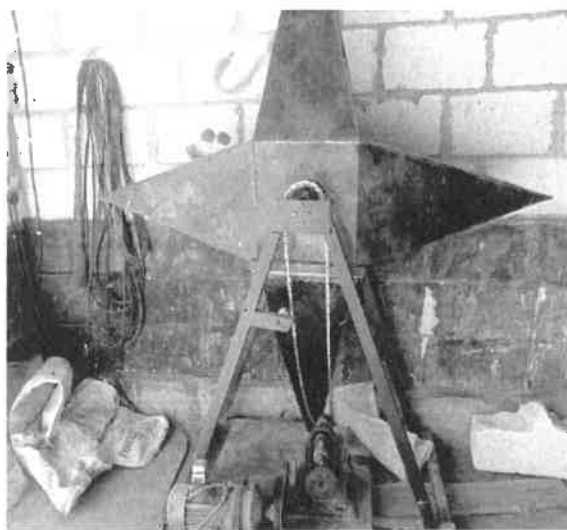


Рисунок 2 – Кормосмеситель, изготовленный в условиях малого сельхозпредприятия

Изготовление данной конструкции не требует специальных навыков и сложных инженерных решений.

Эксплуатационные испытания предлагаемой конструкции смесителя. Разработанная конструкция смесителя проходила испытания на малом фермерском хозяйстве и зарекомендовала себя с положительной стороны. Система рассчитана на смешивание добавок массой не более 50 кг, что вполне достаточно в условиях потребления на данном предприятии.

Такая конструкция имеет ряд достоинств:

- требуемая производительность при малых габаритах;
- низкая себестоимость;
- простота изготовления;
- экономическая выгодность.

При покупке готовых промышленных премиксов затраты выше в два раза в отличие от изготовления премикса в домашних условиях. К тому же за счет химических реакций премикс имеет ограниченный срок хранения и его нельзя приобрести про запас. Поэтому появляется необходимость в дополнительных затратах на транспортные услуги по доставке готовых премиксов. Изготовление премикса в условиях предприятия из готовых компонентов исключает эту статью затрат, что также можно отнести к достоинствам.

Заключение. Животноводческое производство предполагает изготовление комбинированных кормов для животных с добавлением биологически активных добавок и аминокислот в целях обес-

печения стабильного прироста и поддержания иммунитета животных. Изготовление биодобавок в условиях предприятия несет ощутимую экономическую выгоду и способствует удобству рабочего процесса. Одной из важнейших задач при изготовлении добавок является качество смешивания компонентов. Рассмотренная нами конструкция смесителя соответствует этим требованиям и обладает рядом экономических, эксплуатационных и производственных преимуществ.

Список литературы

- 1 Передаточные механизмы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.bibliotekar.ru/7-robot/46.htm/>. – Дата доступа : 15.09.2019.
- 2 Производство изделий из полимерных материалов : учеб. пособие / В. К. Крыжановский [и др.]. – СПб. : Профессия, 2004. – 464 с.
- 3 Материаловедение в машиностроении и промышленных технологиях : учеб.-справ. руководство / В. А. Струк [и др.]. – Долгопрудный : Интеллект, 2010. – 536 с.
- 4 Инновационные фторопластовые технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://taflon.ru/ru/>. – Дата доступа : 03.09.2019.

УДК 621.311

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДИСТАНЦИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В. Н. ГАЛУШКО, А. В. ДРОБОВ, И. Л. ГРОМЫКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Нейронная сеть принимает решения при множестве заданных условий. Искусственные нейронные сети, подобно биологическим, являются вычислительной системой с огромным числом параллельно функционирующих простых процессоров с множеством связей. Несмотря на то, что при построении таких сетей обычно делается ряд допущений и значительных упрощений, отличающих их от биологических аналогов, искусственные нейронные сети демонстрируют удивительное число свойств, присущих мозгу: обучение на основе опыта, обобщение, извлечение существенных данных из избыточной информации. Обученная сеть может быть устойчивой к некоторым отклонениям входных данных, что позволяет ей правильно «видеть» образ, содержащий различные помехи и искажения.

Преимущества нейронных сетей перед традиционными вычислительными системами: решение задач при неизвестных закономерностях; устойчивость к шумам во входных данных; приспособление к изменениям окружающей среды; потенциальное сверхвысокое быстродействие; отказоустойчивость при аппаратной реализации нейронной сети.

Нейросетевые технологии в оптимизации энергосистем. Проблемы повышения надежности и эффективности функционирования энергетических систем, уменьшение потерь электроэнергии являются основными проблемами современной энергетики.

Разработанные до настоящего времени модели и методы оптимизации не полностью отражают реальные условия функционирования электрических сетей. Поэтому создание модели, приближенной к реальным условиям функционирования энергосистемы, сводится к задаче планирования и управления режимами, в которой некоторые параметры целевой функции и ограничений являются случайными величинами. Критерий оптимизации развития энергетических систем основан на минимизации затрат, связанных с развитием системы электроснабжения.

Применение нейронных сетей в электроэнергетике позволяет повысить эффективность процесса производства и распределения электроэнергии, управлять безопасностью и режимами функционирования энергосистем. Ниже представлен перечень основных задач, решаемых нейропрограммами в современных энергетических системах: предсказание нагрузки; прогнозирование температуры окружающей среды с целью прогнозирования нагрузки и температуры нагрева; управление потоками электроэнергии в сетях; контроль максимальной мощности; регулирование напряжения; диагностика энергосистем с целью определения неисправностей; мониторинг безопасности энергосистем; обеспечение защиты трансформаторов; обеспечение устойчивости, оценка динамического состояния и диагностика синхронных генераторов.

Изменение объемов железнодорожных перевозок, схем электроснабжения и мощности подключенного электрооборудования потребителей железнодорожной отрасли связано с повышением точности прогнозирования потребления электрической энергии системами электроснабжения с целью снижения потерь, повышения эффективности используемого оборудования и рационального выбора схем электроснабжения.

Нейронная сеть для прогнозирования Барановичской дистанции электроснабжения Белорусской железной дороги. С целью прогнозирования потребления электроэнергии в программном пакете Matlab была создана интеллектуальная нейронная сеть (ИНС), которая будет выполнять эту задачу. В каждой задаче прогнозирования набор исходных факторов составляется индивидуально. В нашем исследовании использовались следующие данные: предшествующие наблюдения нагрузки по счетчикам электроэнергии; температура окружающей среды, так как электропотребление растет в холодные дни, когда включаются электронагревательные устройства и в жаркие дни, когда включаются кондиционеры; количество праздничных дней в месяце (долгота дня значимо не влияла на результаты).

Годовое потребление электроэнергии трансформаторной подстанции Барановичской дистанции электроснабжения Белорусской железной дороги по счетчикам электроэнергии составило 102 638 кВт·ч, а прогнозное значение, полученное с помощью ИНС, – 102 395 кВт·ч. Погрешность моделирования с помощью искусственных нейронных сетей составила менее 0,3 %, что является вполне точным результатом для прогнозирования потребления электроэнергии.

Полученная нейронная сеть может быть легко адаптирована к изменениям в энергосистеме любой дистанции электроснабжения Белорусской железной дороги и дает достаточно точный прогноз при условии достоверности входных данных. Дальнейшим развитием данного направления является повышение точности прогнозирования. Для этого существуют следующие основные пути: более качественная предварительная подготовка входных данных; использование других методов обучения ИНС; использование ИНС в сочетании с экспертным анализом полученных данных.

УДК 502.7:656.2

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ

О. А. ГАНАЕВА, Я. В. ЕРМОЛОВА, А. Н. ПОПОВА, Н. В. ЛУГАСЬКОВА
Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург,
Российская Федерация

Одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха в городах является автотранспорт. Для городов и промышленных центров доля автотранспорта в общем объеме загрязнений доходит до 70 %, создавая серьезную экологическую проблему. Интенсивный поток автотранспорта является не только источником химического загрязнения среды, но и фактором физического воздействия, в частности шумового. На сегодня наиболее глобальным способом очистки загрязненного воздуха в мегаполисе является увеличение количества «зеленых» полос, т. е. интенсивное озеленение. В ближайшем будущем при таком же темпе роста численности автотранспорта в городах эти методы станут малоэффективны. В связи с этим всё более актуальны поиск и разработка инновационных способов очищения атмосферы в крупных населенных пунктах от негативного воздействия транспортной инфраструктуры. Сегодня существует острая необходимость в создании городского дизайна, совместимого с окружающей средой, опирающегося на инновационные экологические и биоинженерные технологии, способные решать проблему загрязнения атмосферного воздуха.

Одним из наиболее поразительных футуристических проектов промышленных дизайнеров являются проекты «Летающих садов». Аналогичные друг другу, они представлены учеными из разных стран: «зеленые» дирижабли американской архитектурной компании «Rael San Fratello Architects», летающие воздухоочистители «PH Conditioner Skyscrapers» группы китайских дизайнеров. По задумкам авторов, «летающие сады» перемещались бы по городу постоянно, непрерывно принося кислород в места без зелени, мигрируя в области с сильным уровнем загрязненности, а также сезонно. Проект китайских дизайнеров направлен не только на обогащение воздуха кислородом, но и

очищение его от вредных примесей путем их впитывания, фильтрации и переработки в удобрения и чистую воду.

В 2014 году на конкурс дизайна небоскребов Evolo были представлены несколько концепций борьбы с загрязнением воздуха. Одной из самых необычных и впечатляющих работ оказалась концепция Алексея Умарова из России. Небоскреб «ГиперФильтр» выглядит как гигантское дерево, которое всасывает и фильтрует грязный воздух города. Для очищения воздуха в больших городах от выбросов оксидов углерода и других вредных газов используется структура, которая располагается между небоскребами, рядом с оживленными транспортными магистралями и заводами. Состоит из каркаса, оболочки и длинных торчащих во все стороны трубок, оснащенных фильтрами для улавливания загрязнений.

Ученые из Университета техники и технологии (UTEC) в Перу занимаются разработкой и созданием рекламных щитов, которые способны бороться с загрязнением воздуха. Прототип такого рекламного щита был установлен в одной из самых загрязненных частей столицы Перу – в Лиме в 2013 году. Щит работает благодаря основным термодинамическим законам. Загрязненный воздух пропускается через воду, которая активно вбирает в себя загрязняющие вещества (бактерии, пыль и т. д.), после чего очищенный воздух выпускается в окружающую среду. По утверждению создателей устройства, один рекламный щит может выполнить работу 1200 деревьев, очищая ежедневно в городских условиях до 100000 м³ воздуха. Это не первый случай использования рекламных установок в качестве очистителей воздуха. Так, в марте 2017 года Компания Clear Channel Outdoor Americas установила в Калифорнии подобные щиты с рекламой Toyota Mirai, автомобиля, в выхлопах которого содержится только водяной пар.

Компании, специализирующиеся на защите окружающей среды, разрабатывают автобусные остановки и уличную мебель, очищающие воздух. Некоторые из них используют фильтры, другие превращают выхлопные газы в пыль с помощью процессов окисления. Возможность дышать чистым воздухом появится у жителей Лондона на трех автобусных остановках в центре города: New Oxford Street, Tottenham Court Road и High Holborn. Обычно именно места ожидания общественного транспорта страдают от сильного загрязнения воздуха из-за постоянно прибывающих и отъезжающих автобусов. Исследование компании Airlabs установило, что в центре Лондона показатель содержания двуоксида азота ежедневно превышает допустимые нормы.

Еще одна технология была разработана итальянским химиком Луиджи Кассаром (Luigi Cassar). Она основана на способности диоксида титана при воздействии на него света разрушать углеродные связи в молекулах. Недавно ученый был удостоен международного признания и получил европейскую премию изобретателя за создание инновационного цемента, который нейтрализует загрязняющие вещества, делает их менее вредными и улучшает качество воздуха вокруг. После нейтрализации вредных веществ они просто смываются дождевой водой. Кассар со своей командой долгое время экспериментировал с составом добавки к бетону и, в конце концов, смог получить оптимальную формулу, которую он называет «фотокатализатором». Предлагаемый им бетон выглядит более красивым и чистым и остается намного светлее, чем обычный. Впервые данная технология была применена в 1996 году в Риме при постройке Юбилейной церкви под руководством архитектора Ричарда Мейера.

Следует упомянуть еще об одном способе борьбы с загрязнением атмосферы, предложенном в Китае. Этот способ довольно неожиданный – распыление химических веществ с помощью дронов-парашютов корпорации AVIC. Испытания этих летательных аппаратов начались еще в марте 2014 года. Надо сказать, что дроны способны поднять в воздух достаточно внушительный вес груза – 700 кг химикатов, которые можно распылить на территории радиусом в 5 км. В результате распыления, смог оседает на землю. Однако такое решение очень спорно, поскольку, во-первых, в атмосферу будут поступать дополнительные химические вещества, во-вторых, всё будет оседать на поверхность земли, попадать в водоемы и потенциально в биоту наземных и водных экосистем, нарушая их функционирование.

Дизайнеры и инженеры занимаются разработкой средств передвижения с функциями, направленными на улучшение экологической обстановки в городе. Один из них – экомобиль будущего «Vieria», представленный корейскими дизайнерами. Во время езды автомобиль будет забирать носовой частью загрязненный воздух дорог, который затем попадает в фильтр, где система очистки избавит его от опасных оксидов и выдует обратно в воздух из кормовой части автомобиля.

Отмечая вредность выхлопных газов автотранспорта, не стоит забывать и о вопросах шумоизоляции. Сейчас производители автомобилей добились бесшумного процесса работы мотора, а также позаботились о шумоизоляции салона машин, но осталась проблема для пешеходов. Альтернативное средство индивидуальной защиты человека от внешних шумов представила австралийская компания Nuhears – полностью беспроводные Bluetooth-наушники, главным достоинством которых является способность подавлять звуки вокруг, оставляя лишь голос собеседника. Такие наушники способны защитить организм человека от вредных для нервной системы шумов. В наушниках есть специальный режим, который, напротив, позволяет слышать звуки вокруг – это полезно, если вы переходите улицу с оживленным движением.

Опасность выброса в воздушную оболочку биосферы несвойственных ей веществ ведет не только к загрязнению вдыхаемого людьми и животными воздуха, но и к глобальным изменениям климата. Для создания эффективной и устойчивой системы очистки атмосферного воздуха необходимо, чтобы загрязняющие вещества, извлеченные из воздушной среды, не просто оседали на поверхность земли и смывались водой, но и трансформировались в инертные соединения. И только после этого возвращались в окружающую среду.

Однако самым лучшим способом борьбы с загрязнением атмосферы остается изменение нашего образа жизни: уменьшение выбросов загрязняющих веществ, переход на более чистые технологии. Большое количество зарубежных стран уже сегодня значительно прогрессировали в целенаправленном внедрении экологических инноваций. При продуманном и грамотном использовании таких внедрений можно добиться не только восстановления и сохранения природных ресурсов, но и повышения уровня конкурентоспособности и экономического благосостояния стран в целом.

УДК 628.3

СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ОСАДКОВ ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД ФИЛЬТРОВ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

О. Н. ГОРЕЛАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Е. В. РОМАНОВСКАЯ

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

В настоящее время перед всем мировым сообществом стоит глобальная задача, заключающаяся в том, чтобы освоение природных ресурсов и преобразование природных систем не сопровождалось деградацией окружающей среды.

Вовлечение в хозяйственный оборот отходов производства является одной из актуальных задач. Вторичное использование отходов позволяет в первую очередь снизить антропогенное воздействие на окружающую среду, а также сократить потребление кондиционных сырьевых ресурсов, тем самым снизить себестоимость продукции.

Перспективными для использования могут рассматриваться отходы водоподготовки: отработанные ионообменные смолы, осадки станций обезжелезивания, осадки коагуляции, так как они характеризуются постоянством элементного состава и обычно не содержат высокотоксичных веществ.

Одними из таких перспективных для использования отходов являются железосодержащие отходы станций обезжелезивания, образующиеся при очистке промывных вод фильтров. Содержание железа в данных отходах может составлять до 60 %. При исследовании химического состава отходов промывки фильтров обезжелезивания Гомельского водозабора «Ипать» установлено, что содержание железа не превышает 55,4 %. При этом в качестве примесных ионов в значительно меньших количествах могут содержаться кремний и алюминий, за счет попадания глины и песка в водозаборную скважину из водоносного горизонта, а также ионы кальция и некоторые другие.

В настоящее время в литературных источниках можно найти информацию по ряду направлений использования данных отходов: преимущественное производство строительных материалов различного назначения, а также производство минеральных удобрений, получение водоземлюльсионной

пасты, получение вязущего и др. Однако есть ряд исследований, посвященных получению сорбентов и коагулянтов [1–6].

Шламы водоподготовки используют как без обработки, так и обработанные: методом экструзии, гранулированием в жидкой среде и методом окатывания на тарельчатом грануляторе, таблетирование с добавлением различных связующих жидкостей и т. д.

Ранее нами было предложено получение наноструктурированных сорбционных материалов для удаления нефтепродуктов из водных сред [7]. Для получения наноразмерных материалов различного назначения перспективным в последние годы считается метод экзотермического горения в растворах [8–12]. Преимуществами данного метода являются малое время подготовительных процедур и синтеза, низкие энергозатраты, легкая масштабируемость.

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, мочевины, глицин, гексаметилентетрамин с мольным соотношением «окислитель – восстановитель», равным 1.

Кислотное выщелачивание железа из осадков проводилось 20%-ной азотной кислотой в течение 60 мин при комнатной температуре и механическом перемешивании с частотой 100 об./мин. Данные параметры были выбраны на основании предварительных исследований.

Железосодержащие материалы получали методом экзотермического горения в растворе согласно реакциям и методике, представленным в [12]. Однако в данной работе с целью исследования влияния температуры на состав получаемых продуктов температурные диапазоны были расширены и составляли 300–700 °С с шагом 100 °С.

Полученные образцы были проанализированы на сканирующем электронном микроскопе с элементным анализом, ИК-спектрометре Фурье, просвечивающем электронном микроскопе, рентгенофазовом анализе.

По полученным данным можно сделать следующие выводы:

– при температурах до 600 °С в образцах наблюдается остаточное содержание углерода от разложения органических восстановителей;

– при использовании мочевины и гексаметилентетрамина в образцах наблюдается присутствие азота, который находится частично в виде функциональных групп (при низких температурах синтеза) и в виде нитридов (при более высоких температурах синтеза);

– по результатам просвечивающей электронной микроскопии и рентгенофазового анализа все полученные образцы являются наноразмерными (5–40 нм);

– при использовании лимонной кислоты в качестве восстановителя железа присутствует преимущественно в виде фаз Fe_2O_3 , при использовании мочевины и глицина – преимущественно в виде фаз Fe_3O_4 .

– все полученные образцы обладают более или менее выраженными магнитными свойствами.

Дальнейшая работа будет направлена на более детальный анализ состава и свойств полученных материалов и получение на их основе магнитных сорбентов с высокоразвитой поверхностью.

Список литературы

1 Романовский, В. И. Термохимическая и механохимическая переработка отходов сетчатых полимеров : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.36. – Геоэкология; 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов / В. И. Романовский. – Минск : БГТУ, 2008. – 178 с.

2 Романовский, В. И. Термохимическая и механохимическая переработка отработанных синтетических ионитов с получением ценных химических веществ и сорбционных материалов / В. И. Романовский // Перспективы науки. – 2011. – № 4(19). – С. 132–138.

3 Романовский, В. И. Водоудерживающие свойства агрегатов, полученных из отходов отработанных ионообменных смол / В. И. Романовский, В. Л. Грузинова // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2013. – № 2. – С. 101–103.

4 Романовский, В. И. Поверхностные свойства агрегатов, полученных из отходов отработанных ионообменных смол / В. И. Романовский, В. Л. Грузинова // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2013. – № 2. – С. 103–106.

5 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.

6 Романовский, В. И. Очистка промывных вод станций обезжелезивания с использованием отходов водоподготовки / В. И. Романовский, П. А. Клебеко, Е. В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2018. – № 2 (104). – С. 90–92.

7 Горелая, О. Н. Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и строительного комплексов / О. Н. Горелая, В. И. Романовский, А. А. Хорт // материалы IV Международной науч.-практ. конференции, посвященной 65-летию БИИДЖТа-БелГУТа. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 215–216.

8 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.

9 Романовский, В. И. Модифицированные антрациты для очистки подземных вод от железа / В. И. Романовский, А.А. Хорт // Химия и технология воды. – 2017. – Т. 39. – № 5. – С. 532–543.

10 Romanovskii V. I. Modified Anthracites for Deironing of Underground Water / V. I. Romanovskii, A. A. Khort // Journal of Water Chemistry and Technology. – 2017. – Vol. 39. – Is. 5. p. 299–304.

11 Романовский, В. И. Получение керамических материалов строительного назначения с использованием отходов станций обезжелезивания – Production of ceramic materials of construction purpose with use of waste of deironing stations / В. И. Романовский, Е. В. Крышилович, П. А. Клебеко // Вода magazine. – 2018. – № 2(126). – С. 8–11.

12 Железосодержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В. И. Романовский [и др.] // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение, 2019. – № 4. – С. 18–22.

УДК 656.2.078

АКТУАЛЬНОСТЬ ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

С. Г. ГРИЩЕНКО

*Филиал «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт
железнодорожного транспорта» (филиал «НИКТИ») АО «Укрзалізниця», г. Киев*

Определение приоритетов по наиболее целесообразным направлениям научно-технических исследований в части обеспечения энергетической и экологической безопасности транспорта, а также решение всех других его эксплуатационных проблем является сложной задачей для железнодорожных отраслей всех стран. Для уверенного формирования приоритетных инновационных направлений и подготовки оптимальных решений для внедрения на железных дорогах Международный союз железных дорог (МСЖД) ведет активную работу по уточнению векторов долгосрочного развития железнодорожного транспорта в мире. С целью определения стратегических принципов развития мировой железнодорожной системы до 2050 года и обозначения приоритетных направлений необходимых исследований в железнодорожной отрасли, были проведены широкомасштабные исследования силами ведущих железнодорожных научно-исследовательских организаций США, Чехии, Испании, Австралии, Японии, Южной Кореи, Словении и России, которые входят в МСЖД и МСЖИ (Международный совет по исследованиям в области железнодорожного транспорта). В результате широкомасштабных исследований были выделены перспективные, наиболее приоритетные направления научно-технических исследований в железнодорожной отрасли. Всё многообразие тематик железнодорожных научных исследований было сгруппировано в сжатый перечень тематических разработок, которые свели в пять научных кластеров: «Инфраструктура», «Подвижной состав», «Система как целое», «Энергия и окружающая среда» и «Устойчивость системы».

Проведенные исследования показали, что наибольшая востребованность железнодорожных исследований отмечается в рамках кластеров «Инфраструктура» и «Подвижной состав», так как состояние инфраструктуры и подвижного состава, их надёжность, безопасная работа и взаимодействие являются основой эффективного функционирования железнодорожного транспортного комплекса. Среди тем, представленных в остальных кластерах, важное место заняли «Интеллектуальные системы управления движением», «Оптимизация энергопотребления в железнодорожных системах», «Интегрированные системы для пассажирских и грузовых перевозок», «Увеличение пропускной способности» и «Железнодорожные системы будущего». Темы «Ожидания клиента», «Экономическая рентабельность для грузового транспорта» и «Взаимодействие между железнодорожными и интеллектуальными энергосистемами», несмотря на их важность в условиях открытого рынка, в данном исследовании показали невысокую востребованность, потому что эти же задачи решаются учёными и научными организациями, которые работают в других сферах: экономика, финансы, консалтинг.

Оценка методами Форсайта приоритетности тем исследований внутри выделенных кластеров и между ними путём формализованной обработки результатов около ста анкет (опросов) научных

работников, имеющих личный исследовательский опыт (экспертов), наряду с опытом решения конкретных задач в железнодорожных отраслях, позволила сформировать перечень приоритетных железнодорожных исследований (таблица 1).

Таблица 1

Тема исследования	Приоритетность
Устойчивая конструкция подвижного состава	0,9853
Безопасность движения и личная безопасность	0,9326
Технологии напольного мониторинга подвижного состава и совместимость	0,9215
Разработка новых материалов и технологий для инфраструктуры	0,9052
Новые материалы и производственные процессы для подвижного состава	0,8876
Взаимодействие в системе колесо/рельс	0,8727
Конструкция подвижного состава высокой производительности	0,8148
Управление активами	0,7874
Оптимизация энергопотребления в железнодорожных системах	0,7846
Интегрированные системы для пассажирских и грузовых перевозок	0,7617
Интеллектуальные автоматизированные системы управления движением	0,7194
Увеличение пропускной способности	0,7136
Железнодорожные системы будущего	0,6412
Управление информацией	0,6074
Внутреннее оснащение поездов	0,6065
Шум и вибрация	0,5939
Сокращение вредных выбросов от дизельного подвижного состава	0,5847
Система управления движением ERTMS, уровень 2/3 (GSM): экономическая рентабельность для грузового транспорта	0,5687
Взаимодействие между железнодорожными энергетическими системами и интеллектуальными энергосистемами	0,5306
Впечатления клиента	0,4306

Основные приоритеты научных исследований для железнодорожного транспортного комплекса Украины практически не отличаются от приоритетных направлений, выделенных МСЖД на перспективу до 2050 года, хотя на этапе реформирования железнодорожной отрасли страны и вывода её на самодостаточный уровень весомость и очерёдность проведения отдельных исследований железнодорожной тематики может быть иная. В условиях Украины в первую очередь необходимо выполнять работы, направленные на повышение экономической эффективности отрасли и безопасности железнодорожных перевозок, обозначенные в таблице 1 под номерами 1, 2, 6, 8, 9, 11, 12, 14 и 18. Кроме того, вследствие критического износа подвижного состава и технических средств инфраструктуры украинских железных дорог и отсутствия необходимого количества средств на их обновление становятся актуальными исследования по модернизации существующего подвижного состава, а также реконструкции и модернизации технических объектов инфраструктуры. Важно также совершенствование систем технического обслуживания и ремонта железнодорожного подвижного состава, направленное на увеличение его межремонтных пробегов, переход на обслуживание технических объектов по их состоянию, развитие бортовых и стационарных систем диагностики. Особое место в выборе оптимальных схем и объёмов модернизаций технических средств железнодорожного транспорта должны занять расчёты стоимости их жизненных циклов, для чего необходимо развивать теорию и практику проведения таких расчётов. Для оценки соответствия нового и модернизируемого железнодорожного подвижного состава, а также технических средств железнодорожной инфраструктуры требованиям эксплуатации, включая все их граничные условия, необходимо расширять применение расчётно-экспериментальных методов моделирования.

Проведённый анализ показывает, что приоритетные направления железнодорожных научных исследований в Украине могут базироваться на приоритетных направлениях исследований, выделенных МСЖД и МСЖИ на период до 2050 года, при этом в кластер научных исследований «Подвижной состав» необходимо ввести дополнительные направления: по научному сопровождению модернизаций подвижного состава, совершенствованию систем технического обслуживания и расчётов стоимости его жизненных циклов.

РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОГО ГАЗОАНАЛИЗАТОРА НА БАЗЕ ARDUINO И RASPBERRY PI

И. Л. ГРОМЫКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Обнаружение опасных химических веществ является актуальной практической задачей. Большинство применяемого для этих целей оборудования использует датчики, которые после каждого срабатывания должны подвергаться диагностике и калибровке. Однако эти процедуры не всегда выполняются, что может привести к аварийной ситуации, когда при выбросе опасных веществ датчики будут находиться в неработоспособном состоянии.

Одним из способов решения этой проблемы является применение «Электронного носа» (далее ЭН) – мультисенсорной измерительной системы, имитирующей работу обонятельных органов. Основным преимуществом системы ЭН является возможность производить многократные измерения в автоматическом режиме.

Несмотря на то, что ЭН сегодня не способен полностью заменить человеческую обонятельную систему, сферы применения данной технологии достаточно широки.

Медицина:

- моментальная диагностика заболеваний по запаху дыхания и выделений;
- домашние устройства для диагностики;
- скрининг лекарственных препаратов.

Экология:

- контроль вредных выбросов на промышленных предприятиях;
- контроль состава выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания;
- мониторинг природных экосистем через распределенные сети сенсоров.

Безопасность:

- борьба с контрабандой, наркотиками и терроризмом;
- системы сверхранней пожарной сигнализации;
- обнаружение запахов в агрессивных условиях (радиация, отравляющие вещества, высокие температуры и т. п.).

Контроль продуктов:

- пищевая промышленность;
- ликеро-водочная промышленность;
- потребительский контроль.

Машиностроение:

- системы самодиагностики приборов по внутренним запахам (нагрев, горение, утечки, разрушение и пр.);
- сенсоры промышленной и потребительской робототехники;
- разметка деталей и компонентов. Нанесение незаметных для человека запаховых «меток» облегчит их взаимодействие с машинами в процессе производства и транспортировки.

Развлечения:

- парфюмерная и косметическая промышленность.
- игрушки.
- «электронный нос», компьютер и генератор запахов – основа нового мультимедиа-канала.

С целью обнаружения опасных веществ и измерения концентрации различных газов была разработана мультисенсорная система для анализа различных газов и газовых смесей, которую можно устанавливать прямо в цеху или на транспорте. Для обеспечения автономной работы в качестве ядра был использован одноплатный компьютер. Аппаратная часть нейросетевой мультисенсорной системы анализа многокомпонентных химических веществ состоит из следующих модулей:

- мультисенсорный измерительный модуль;
- интеллектуальный цифровой модуль.

Измерительный модуль, применяемый в мультисенсорной системе, выполнен на основе платформы Arduino и подключенных к ней датчиков серии MQ. В качестве интеллектуального цифрового модуля используется одноплатный компьютер Raspberry Pi 3 Model B, который принимает сигналы от мультисенсорного измерительного модуля и выполняет их обработку и анализ результатов.

Рассмотрим более подробно обработку данных идентификации запахов.

Первый этап заключается в измерении и получении исходных данных от мультисенсорного измерительного модуля. Измерение выполняется путем преобразования аналоговых сигналов с датчиков в цифровые, математического расчета концентраций и передачи данных на одноплатный компьютер через Bluetooth.

На втором этапе выполняется идентификация полученной информации в интеллектуальном цифровом модуле с помощью многослойной нейронной сети – многослойного перцептрона. При обучении нейронной сети на новое вещество название такого вещества заносится в базу данных, где ему присваивается идентификационный номер, который затем поступает в файл с выборкой, в качестве выходного значения с нейронной сети. После обнаружения какого-либо вещества нейронной сетью в базу данных заносятся показания с датчиков в момент обнаружения, дата и время.

На третьем этапе выполняется обработка и вывод полученной информации на динамики, передача информации на главный компьютер по сетевому кабелю, вывод информации в базу данных и трансляция в сети Интернет в режиме реального времени.

В качестве среды программирования были выбраны:

- Arduino IDE;
- кроссплатформенный фреймворк для разработки программного обеспечения QT.

В качестве языка программирования был выбран C++.

Тестирование нейросетевого газоанализатора проводилось на трех веществах:

- воздух;
- аммиак;
- уксус спиртовой.

Результаты тестирования показали, что данный газоанализатор прекрасно распознавал данные вещества при различных их концентрациях.

УДК 621.643/644

ОБЗОР СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ НЕФТИ

В. Л. ГРУЗИНОВА

*Межотраслевой институт повышения квалификации и переподготовки кадров
по менеджменту и развитию персонала БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

А. А. МЕЛЬНИКОВ

Филиал ЦБПО ОАО «Гомельтранснефть Дружба», Республика Беларусь

В жизненном цикле магистрального трубопровода можно выделить 7 основных стадий: проектирование, строительство, эксплуатация, реконструкция, капитальный ремонт, консервация, ликвидация магистрального трубопровода. Проектирование – единственная стадия жизненного цикла, в которой не наблюдается проявление опасностей, связанных с функционированием магистрального трубопроводного транспорта. Обеспечить высокое качество выполнения проектных работ в ограниченные сроки без увеличения количества задействованных работников проектных организаций позволяет использование систем автоматизированного проектирования (САПР). САПР объединяет технические средства, математическое, информационное и программное обеспечение, позволяющее автоматизировать проектирование на всех или отдельных стадиях проектирования объектов.

Системы САПР можно разделить на три группы в соответствии с уровнем их работы с данными и комплексности подхода к проектированию.

Системы нижнего уровня обеспечивают работу с графической информацией и позволяют автоматизировать только 2D-проектирование, делая акцент на автоматизации выпуска проектно-сметной документации. К таким системам можно отнести универсальные графические платформы: AutoCAD (Autodesk Inc.) и Microstation (Bentley Systems Lie.), давно применяемые в Беларуси и России. С их помощью происходит всего лишь замена бумажной технологии проектирования на электронный кульман.

Системы среднего уровня – это современные системы 3D-моделирования. Такие системы основаны на универсальных графических платформах (AutoCAD или Microstation), и к ним можно отнести Autodesk Inventor, Bentley PLANT, CADWorx и Plant-4D, КОМПАС-3D.

Системы верхнего уровня в отличие от универсальных графических платформ ориентированы на работу с базами данных, а не только с графическим представлением объектов. При этом появляется возможность оперировать параметрической 3D-моделью объекта и автоматически получать проектно-сметную документацию на основе модели. К ним следует отнести Microsoft Project Professional, Primavera Project Planner, Spider Project и др. [1, с. 39].

Autodesk Inventor – система трёхмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования компании Autodesk, предназначенная для создания цифровых прототипов промышленных изделий. Инструменты Inventor обеспечивают полный цикл проектирования и создания конструкторской документации: 2D-/3D-моделирование; создание изделий из листового материала и получение их разверток; разработка электрических и трубопроводных систем; проектирование оснастки для литья пластмассовых изделий; динамическое моделирование; параметрический расчет напряженно-деформированного состояния деталей и сборок; визуализация изделий; автоматическое получение и обновление конструкторской документации (оформление по ЕСКД).

Система Bentley Plant включает модули разработки схем, 3D-моделирования, расчеты, генерацию чертежей, спецификаций и изометрических схем. Она интегрирована с системой управления инженерным документооборотом и архивом Bentley ProjectWise. В линейке Bentley Plant представлены 2 семейства продуктов: AutoPLANT, использующее в качестве графической платформы AutoCAD, и PlantSpace на платформе MicroStation. Эти продукты являются взаимозаменяемыми. Компания взяла курс на объединение двух линеек на основе AutoPLANT. В свою очередь, в состав линейки AutoPLANT входят также решения для разнообразных расчетов: НДСТ – AutoPIPE; гидравлических расчетов – PlantFlow; расчет на прочность узлов врезки штуцеров патрубков сосудов и аппаратов – WinNOZL; расчет пульсаций потоков в трубопроводах – PULS. Продукты AutoPIPE и AutoPLANT имеют двунаправленный интерфейс передачи данных, что ускоряет итерационный процесс «проектирование – расчет».

Помимо линейки Bentley Plant Bentley Systems Inc. предлагает решения для всех задач проектирования в промышленном и гражданском строительстве – архитектурных, задач изысканий и генплана, проектирования инженерных сетей и т. д., а также задач проектного документооборота – с помощью системы управления проектными данными и инженерным документооборотом ProjectWise. Модуль Bentley ProjectWise обеспечивает возможность распределять проекты и выполнять их администрирование.

В программном комплексе CADWorx Plant реализованы инструменты для проектирования трубопроводов, оборудования, металлоконструкций, систем отопления и вентиляции, кабельных трасс, а также динамические связи с базой данных. Исторически CADWorx развивался как графический интерфейс к известному программному продукту для расчета напряженно-деформированного состояния CAESAR II (также COADE), и со временем обрел самостоятельное значение. Этим объясняется отлаженная двусторонняя связь между CADWorx и Caesar II, что позволяет в значительной мере упростить процесс создания проекта. CADWorx не имеет аналогов по легкости пополнения библиотек элементов – работа ведется на уровне редактирования текстового файла, т. е. администрирование работы над проектом сводится к минимуму и может осуществляться любым опытным пользователем. В программе реализована возможность совместной работы различных организаций над одним проектом в сети Интернет.

В нефтегазовой отрасли также применяется еще один продукт компании COADE – PVElite для расчета оборудования – PLANT-4D, которая работает на основе объектно-ориентированного параметрического ядра, и включает систему коллективной работы над проектом. PLANT-4D позволяет работать с трехмерными твердотельными моделями проектируемых систем, автоматизирует разработку технологических схем, моделей трубопроводов, нестандартного оборудования, металлоконструкций. Полностью автоматически или в интерактивном режиме PLANT-4D позволяет выпускать различные технологические схемы, рабочие чертежи (планы, разрезы, узлы, монтажные изометрические чертежи с размерами и спецификациями, различные ведомости, отчеты, спецификации и многое другое).

При определении границ использования той или иной САПР необходимо учитывать особенности объектов проектирования и ведения проектных работ на предприятии. Потребителями могут быть как проектные организации, так и ПКО (ПКБ) заводов. Проектные организации чаще заняты проектированием объектов «с нуля» и крупных промышленных объектов целиком, тогда как в рам-

ках заводов ведутся в основном работы по реконструкции существующих систем или проектирование отдельных установок. Поэтому целевыми нишами продуктов высшего уровня PDMS, PDS и SmartPlant 3D в большей степени являются проектные институты.

Что касается выбора по техническим особенностям продуктов, удобству интерфейса, соответствию конкретным задачам предприятия и т. д., то такие вопросы решают технические специалисты организации после знакомства с работой продуктов.

Немаловажным критерием является стоимость программного продукта. Наиболее доступными являются модули семейства CADWorx, а наиболее дорогостоящими – системы компаний AVEVA и Intergraph, что компенсируется наибольшими функциональными возможностями.

Помимо стоимости самого продукта необходимо учитывать также стоимость необходимого программного обеспечения – графической платформы, СУБД, а также затраты, входящие в стоимость владения продуктом – обучение, обновление лицензий, техническая поддержка и т. д. Если продукт не имеет собственной графической платформы и встроенной СУБД, на их приобретение потребуются дополнительные затраты.

Все системы среднего уровня (Bentley Plant, CADWorx и Plant- 4D) используют стандартные СУБД: Oracle, MS SQL Server, MS Access. Кроме того, в Bentley Plant может использоваться MSDE (ядро системы MS SQL Server), что не требует оплаты дополнительных лицензий для СУБД. PDS и SmartPlant 3D используют СУБД Oracle или MS SQL Server. А вот компания AVEVA пошла по пути разработки и использования собственной объектно-ориентированной базы данных DAB ACON.

На сегодня имеется немало как зарубежных, так и российских программ, которые способны упростить и усовершенствовать проектирование магистральных трубопроводов. Многие средства автоматизированного проектирования были разработаны для стран с сетью магистральных трубопроводов гораздо более протяженной, чем в Республике Беларусь. Соответственно и стоимость данных программных продуктов ориентирована на необходимость больших объемов проектирования. Что же касается Республики Беларусь, то затраты на некоторые программы не смогут окупиться ввиду отсутствия больших объемов работ по проектированию магистральных трубопроводов и высокой стоимости зарубежных САПР.

Список литературы

1 Рудаченко, А. В. Автоматизация проектирования систем трубопроводного транспорта: Конспект лекций. Ч. 1. Основные этапы проектирования и анализ программных средств / А. В. Рудаченко, Н. В. Чухарева. – Томск : Изд-во ТПУ, 2008. – 64 с.

УДК 37.016:5023

К ВОПРОСУ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СОСТАВОВ

В. С. ДЕЦУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одним из наиболее эффективных методов защиты окружающей среды от шумового загрязнения является установка акустических экранов. Акустический экран – конструкция, возводимая вдоль крупных проспектов, автомагистралей, железнодорожных путей для уменьшения шума. Установка экрана может значительно повысить цену недвижимости и земли в этом районе, а также уменьшает шумовое загрязнение на 8–24 дБ. Шумозащитные экраны могут иметь дополнительные функции. Например, в Германии шумозащитным экранам придают свойства поглощения вредных веществ, а также устанавливают фотоэлектрические панели, вырабатывающие электричество за счет солнечного света.

Целью работы являлось исследование влияния конструктивных параметров акустического экрана и его расположения по отношению к железнодорожному полотну и выбору оптимального варианта по результатам исследования.

Известно, что чем ближе расположен экран к источнику шума, тем выше его эффективность и ниже требуемая высота. Однако для осуществления ремонтных работ строительного полотна рекомендуется располагать шумозащитный экран на расстоянии не менее 5 м от железнодорожной насыпи.

Для расчета параметров акустического экрана и его эффективности предварительно были рассчитаны вспомогательные параметры A , B и C :

$$A = \sqrt{L_1} + (H_2 - H_1)^2; \quad (1)$$

$$B = \sqrt{L_2} + (H_2 - H_3)^2; \quad (2)$$

$$C = \sqrt{(L_1 + R_2)^2 + (H_3 - H_1)^2}, \quad (3)$$

где L_1 – расстояние от источника шума до плоскости шумозащитного экрана, м; L_2 – расстояние от шумозащитного экрана до расчетной точки (РТ), м; H_1 – высота источника шума транспортного потока, м; H_2 – высота шумозащитного экрана, м; H_3 – высота расчетной точки (РТ), м.

Далее определялась разность длин путей звуковых лучей

$$\delta = A + B - C. \quad (4)$$

При расчетах высота экрана (H_2) задавалась в пределах 3–6 м, высота расчетной точки – 0,2–2 м, расстояние от железнодорожной насыпи до экрана – 5–9 метров.

В соответствии с представленными формулами исследовалось снижение уровня шума акустическим экраном в зависимости от его различных параметров с помощью программы «Расчет акустической эффективности».

Были исследованы зависимости эффективности акустического экрана от следующих параметров: расстояния от источника шума до акустического экрана и высоты экрана. Полученные результаты были представлены графически. В рядах 1, 2, 3, 4, 5, 6, и 7 представлены данные для частот 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, соответственно.

На рисунке 1 представлена зависимость эффективности акустического экрана от расстояния от источника шума до акустического экрана.

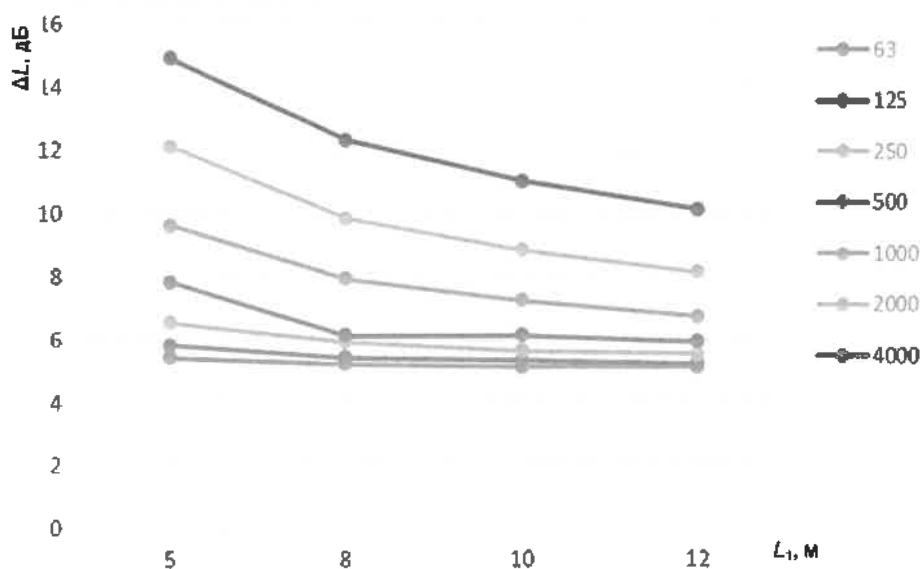


Рисунок 1 – Зависимость эффективности акустического экрана от расстояния от источника шума до акустического экрана

Как видно из рисунка 1, эффективность акустического экрана снижается с увеличением расстояния от источника шума до акустического экрана в среднем на 10–12 % на каждый метр в зависимости от частоты звуковой волны, поэтому экран следует устанавливать на расстоянии 5 м от железнодорожного полотна при отсутствии построек или каких-либо сооружений.

На рисунке 2 представлена зависимость эффективности акустического экрана от его высоты.

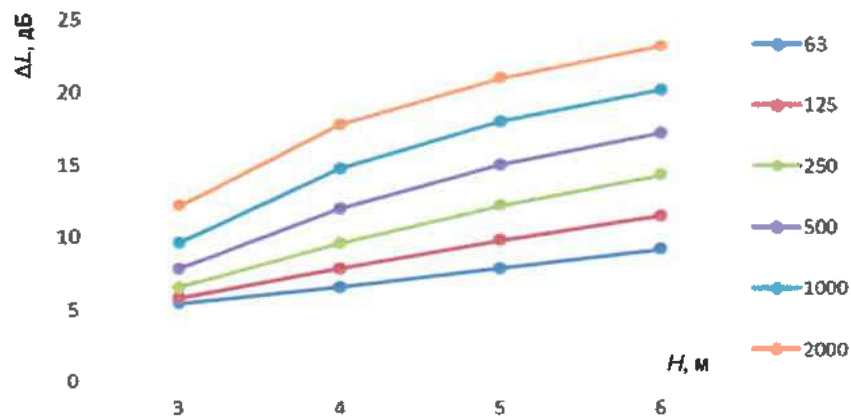


Рисунок 2 – Зависимость эффективности акустического экрана от высоты экрана

Как видно из рисунка 2, эффективность акустического экрана возрастает с увеличением высоты экрана в среднем на 20–21 % на каждый метр высоты экрана в зависимости от частоты звуковой волны.

Таким образом, при моделировании различных ситуаций программа позволяет уже на стадии проектирования или реконструкции транспортного предприятия или железнодорожного пути минимизировать акустическое загрязнение окружающей среды.

УДК 625.1: 628.517.2

УМЕНЬШЕНИЕ УРОВНЯ ШУМА В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Н. В. ДОВГЕЛЮК, В. С. ШАГУЛИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Конструкции железнодорожного пути, уменьшающие генерирование шума, продолжают свое развитие. Недавние исследования выявили ряд перспективных направлений. Предметом особого внимания является шум на частотах от 20 Гц до 20 кГц, воспринимаемый человеческим ухом. Волны шума генерируются по одному из двух механизмов: вибрациями твердого тела или колебаниями давления воздуха.

Оба эти явления имеются на железных дорогах. Для высокоскоростного движения характерен аэродинамический шум, генерируемый неустановившимися воздушными потоками, особенно в лобовых частях поездов, вагонных соединениях, на тележках, в токоприемниках. Однако механические составляющие всё еще преобладают в общем шуме при движении со скоростью до 300 км/ч. Основным источником шума является контакт колеса и рельса. Шум качения вызывается неровностями поверхностей колеса и рельса в точке контакта, возбуждающими их относительные колебания. Колесо представляет собой резонирующую структуру, напоминающую колокол, и интенсивно вибрирует на разных резонансных частотах.

Шероховатости вызывают колебания в вертикальной плоскости на частотах более 1,5 Гц. Колебания рельса имеют характер продольных волн. Вибрации передаются с рельса на шпалы, балласт и грунт. Эти разнообразные колебания колеса и элементов пути вызывают шум, который распространяется по воздуху. Акустическая энергия расходится по цилиндрической или сферической поверхности таким образом, что уровень шума уменьшается от 3 до 6 дБ при каждом удвоении расстояния от пути. Одним из путей снижения шума является уменьшение неровностей колес и рельсов путем внедрения на железных дорогах композиционных тормозных колодок для грузовых поездов. Такие колодки не вызывают появления шероховатости на поверхности колес в соответствующем диапазоне длин волн, тогда как чугунные колодки приводят к образованию волнообразных неровностей. Аналогично общепринятым является шлифование рельсов для удаления их волнообразного износа.

Относительная доля шума от колес и элементов пути в общем его уровне зависит от их конструктивных особенностей. Шпалы создают наибольший шум на низких частотах, рельсы в диапазоне средних частот, а колеса – на высоких частотах. Для достижения значительного общего снижения шума уменьшается шум от колебаний верхнего строения пути. Путь с низким уровнем шума наиболее эффективен в сочетании с малошумными колесами.

При движении подвижного состава в кривых малого радиуса генерируется скрежет, в котором доминируют узкополосные шумы с частотами от 500 Гц до 8 кГц. Уровень их громкости выше, чем обычный уровень шума от качения колес по рельсам на прямолинейном участке при прочих равных условиях. Скрежет в кривых возникает тогда, когда колесная пара из-за разных радиусов качения колес не катится по рельсам без проскальзывания. Меры по предотвращению или уменьшению скрежета предпринимаются на различных стадиях генерирования этого шума. При этом соблюдаются определенные требования, такие как минимально допустимое значение коэффициента трения, умеренные эксплуатационные расходы жизненного цикла, а также типовые условия железнодорожной сети и реализуемых в ней эксплуатационных процессов. При использовании смазочных средств подтверждается их экологическая безвредность.

Для предотвращения скрежета на подвижном составе используются следующие решения: колеса, вращающиеся на оси, классические колесные пары с радиальной установкой колес, колесные абсорберы, смазывание гребня бандажа или поверхности катания колеса. Предпринимаются мероприятия со стороны пути, такие как смазка внутренней грани или поверхности катания рельса, его изоляция, совершенствование систем рельсовых креплений и применение рельсов различного профиля для внутреннего и наружного рельсов в кривых. По сравнению с автомобильным и воздушным транспортом железнодорожный оказывает меньшее вредное воздействие на окружающую среду по всем факторам влияния, за исключением одного – шума. Особенно обременительным для районов, примыкающих к железным дорогам, является шум от грузовых поездов, которые идут преимущественно по ночам.

В результате замены чугунных тормозных колодок на композиционные значительно сокращается шум от подвижного состава. Важной задачей является разработка мероприятий не по снижению уровня шума, генерируемого при качении колеса по рельсу, а по быстрому и полному преобразованию энергии звука в другие ее виды. Если исходить из того, что проблема шума качения в ближайшие годы будет решена, то остаются такие проблемы, как скрежет при прохождении кривых и шум от вспомогательного оборудования – вентиляторов и системы кондиционирования воздуха.

Под скрежетом от подвижного состава при прохождении кривых понимается шум, который производится железнодорожным подвижным составом при прохождении кривых малого радиуса и который не менее, чем на 10 дБ (А) выше, чем обычный шум от качения колес по рельсам на прямолинейном участке при тех же условиях (например, при одинаковой шероховатости рельсов одного и того же типа).

Рассмотрим моторную колесную пару тележки. Перемещаясь в кривой, она стремится к продолжению прямолинейного движения. В результате набегания на наружный рельс гребня колеса колесная пара отжимается внутрь кривой, что приводит к увеличивающемуся изгибу внутреннего колеса. Когда возвращающее усилие внутреннего колеса становится больше силы трения между ним и внутренним рельсом, колесо отклоняется в исходное ненагруженное положение (или снова в такое положение, в котором оно находится в состоянии сцепления с рельсом, поскольку сила трения снова становится больше возвращающей силы). Этот процесс многократно повторяется, что вызывает широкополосное возбуждение колеса. Подавляемые частоты быстро исчезают, в то время как слабо демпфируемые частоты собственных колебаний возрастают. Колесо ведет себя как гонг и издает звук, в котором доминируют один или несколько чистых тонов. Вторая колесная пара подвижного состава или тележки ведет себя противоположным образом по отношению к первой, т. е. получается, что возникновение скрежета здесь вызывается колесом, катящимся по наружному рельсу кривой.

Приведенный анализ процесса образования скрежета показывает, что шум в основном генерируется колесом, которое колеблется с собственной частотой. Рельс практически не издает никакого шума. Уровень шума почти не зависит от скорости движения. Так как скрежет при прохождении кривых возникает на поверхности катания колеса, то его называют «скрежетом поверхности катания».

Как уже отмечалось, при прохождении кривых малого радиуса происходит набегание гребня колесного бандажа на наружный рельс. Так как колесная пара стремится и дальше двигаться по прямой, то образуется угол набегания между колесной парой и рельсом. В результате этого возник-

кает вторая точка касания между колесом и рельсом, в которой гребень бандажа скользит сверху вниз по кромке рельса. Трение этого скользящего контакта приводит к возбуждению колебаний как в колесе, так и в рельсе. В результате возникает шум, излучаемый и колесом, и рельсом. Его уровень возрастает с увеличением скорости. Так как шум этого вида возникает в результате контакта гребня бандажа колеса с рельсом, то его называют «скрежет от контакта гребня бандажа». Оба рассмотренных вида скрежета в зависимости от воздействующих факторов могут появляться как независимо друг от друга, так и совместно.

Мероприятия по предотвращению или снижению скрежета предпринимаются на различных этапах процесса возникновения обеих рассмотренных разновидностей шума. Предпочтительнее предотвратить образование шума, однако это не всегда возможно. Если скрежет при прохождении кривых приводит к повышению уровня шума не менее, чем на 10 дБ (А), то предпринимаемые мероприятия приводят к его снижению на такую же величину. Уменьшение шума проявляется как в снижении его уровня, так и в сокращении длительности его воздействия.

Для предотвращения скрежета поверхности катания используются конструктивные решения, которые позволяют колесным парам или колесам свободно катиться по рельсам в кривой – применение свободно вращающихся на оси колес вместо классических колесных пар. За счет такой меры предотвращается скрежет в кривых любого проходимого радиуса. Проблемы при этом часто возникают при входе в кривую и при выходе из нее, если система управления не в состоянии установить колёса точно параллельно рельсам; использование колесных пар с радиальной установкой. За счет такой меры на определенную величину уменьшается минимальный радиус кривой, в которой обеспечивается свободное качение колесной пары. За счет уменьшения напряженного состояния колеса уменьшается амплитуда возбуждения. Уменьшенная амплитуда режима прерывистого контакта уже не в состоянии возбуждать собственные колебания колеса. Такое уменьшение достигается за счет снижения сил сцепления в точке контакта.

Для гашения собственных колебаний колеса используются демпфирующие устройства, которые являются составной частью конструкции колеса, либо устанавливаются на нём в виде дополнительных устройств. Любые мероприятия, направленные на снижение интенсивности колебаний колеса, ведут к снижению уровня излучаемого им шума.

Итак, для предотвращения скрежета от контакта гребня бандажа используются различные конструктивные решения, которые позволяют колёсам так катиться в кривой, чтобы они касались рельса только в своей самой нижней точке. Этого можно достичь с помощью системы направления: свободно вращающиеся на оси колеса или колёсные пары устанавливаются таким образом, чтобы плоскость колёс всегда была параллельна рельсам. За счет уменьшения сил сцепления в контакте между колесом и наружным рельсом уменьшается амплитуда возбуждения колебаний.

УДК 69.058.7

ТЕПЛОВИЗИОННАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЖИЛОГО ФОНДА КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ПРИВЛЕЧЕНИЯ СОБСТВЕННИКОВ К МЕРОПРИЯТИЯМ ПО ТЕПЛОВОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

*С. Г. ДОДОЛЕВ, А. Б. НЕВЗОРОВА, Г. Р. ГОНЧАРОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Ухудшение воздушно-теплового режима в помещениях зданий обычно связывается со снижением теплофизических свойств материалов ограждающих конструкций и проникновением влаги. Это одни из основных причин неэффективного использования тепловой энергии во многих существующих зданиях, построенных до 2000 года.

Как известно, более 95 % жилфонда в нашей стране приватизировано, и на гражданах лежит определенная степень ответственности за состояние своей собственности. Под ответственностью понимается и забота о повышении комфортности проживания; одним из способов достижения этого является тепловая модернизация.

Низкая активность собственников в проведении энергосберегающих мероприятий объясняется не только низкими тарифами на тепло, но и значительными первоначальными затратами. Поэтому Указом Президента Республики Беларусь от 4 сентября 2019 г. № 327 «О повышении энергоэффективно-

сти многоквартирных жилых домов» (дата вступления в силу: 08.12.2019; Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь, 07.09.2019, 1/18547) предусматривается возможность участия государственного бюджета (до 50 %) в проведении тепловой модернизации. При этом именно из бюджета в полном объеме оплачиваются все работы, что избавляет граждан от единовременных финансовых вложений. Свою долю затрат они будут возмещать в течение нескольких лет, причем делать это в том числе и за счет будущей экономии на оплате ЖКУ.

Следует отметить, что поскольку речь идет о коллективной собственности, то решение в любом случае будет зависеть от жильцов (количества голосов; не менее 2/3 от общего числа). Но прежде эксплуатирующие организации должны проанализировать ситуацию и предложить варианты решения проблемы. В первую очередь будут исследоваться дома, в которых запланирован капитальный ремонт.

Для выбора соответствующей системы утепления фасада необходимо провести мониторинг и диагностику теплотехнического состояния наружных конструкций здания [1, 2]. Существует расчетный метод определения величины плотности теплового потока, проходящего через ограждение. Но расчетный метод не дает точного результата, т. к. мы не можем оценить (с высокой точностью) деградацию материалов несущей конструкции. Методом измерения (например, измеритель плотности тепловых потоков и температуры ИТП-МГ4.03 «ПОТОК») получают точные результаты плотности теплового потока в характерной зоне. Тепловизионная съемка показывает аномалии на поверхности несущих конструкций здания (сырые участки, выветривание связующих материалов, скрытые трещины, неплотности стыков и т. д.). В дополнение к надежному восприятию и анализу расчетных энергетических характеристик интуитивно понятная регистрация и визуализация результатов тепловизионной съемки также имеет значение для эффективной иллюстрации существующих условий «как есть» в процессе принятия решения о термомодернизации здания «как будет» жилищно-эксплуатационными предприятиями или домовладельцами.

Цель работы – выявление и представление аномальных факторов в условиях эксплуатации зданий в интуитивно понятном количественном и качественном формате для принятия решения домовладельцев о необходимости тепловой изоляции ограждающих конструкций здания.

Методика выполнения работы. Инструментальное обследование зданий проводилось сертифицированными специалистами сектора энергетических исследований научно-исследовательской лаборатории «Энергоэффективность и охрана труда» отдела экологической безопасности и энергосбережения на транспорте Испытательного центра БелГУТа. Для достижения поставленной цели использовали методику МВИ.МН 4420–2012 «Тепловизионная диагностика теплового состояния ограждающих конструкций зданий и сооружений»; ТКП 45-1.04-304–2016 «Теплотехническое обследование зданий с применением методов инструментального контроля»; СТБ EN 13187–2016 «Тепловая защита зданий. Определение теплотехнических неоднородностей ограждающих конструкций. Метод тепловизионного контроля» от 04.03.2016 № 21, в соответствии с которыми осуществляется контроль теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий и определения зон структурной неоднородности методом термографического обследования.

Для инструментального контроля использовали: измеритель плотности тепловых потоков и температуры ИТП-МГ4.03 «ПОТОК», термометр инфракрасный «Testo 830-T1», термоанемометр «Testo 400», термометр ртутный ТМ6-1, камеру тепловизионную «Testo 881-1».

Время проведения измерений – февраль 2019 г.

Объект исследований – стеновые ограждающие конструкции многоэтажного жилого здания 1984 года постройки, расположенного в Гомельской области.

Результаты после проведения измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции, определения сопротивления теплопередаче и проведения тепловизионной диагностики зданий и сооружений оформлялись в протоколах установленной формы.

Результаты работы. Сегодня при строительстве и эксплуатации зданий широко используют инфракрасную (ИК) термографию для выявления источников потерь энергии в наружных ограждающих конструкциях зданий, которая обнаруживает и измеряет тепловые колебания поверхностей неразрушающим методом [4].

Полученные тепловые изображения для идентификации и интерпретации тепловых потерь могут объясняться через *количественный* анализ термограмм для более конкретного определения сопротивлений теплопередаче материала строительной конструкции (по термограмме нельзя определить коэффициент теплоотдачи – можно просто сказать, где больше, где меньше), а также *качественный* анализ термограмм, который включает в себя обзор цветовых узоров, присутствующих

в изображении, чтобы различить тепловые колебания на поверхности ограждения (рисунок 1). Качественные формы анализа используются для диагностики и обнаружения потенциальных дефектов здания, включая следующие основные типы дефектов: изменение теплопроводности строительных материалов, потери тепла из-за инфильтрации воздуха и вентиляции, структурные дефекты и дефекты, связанные с повышением влажности в помещениях и на поверхностях конструкций и др.

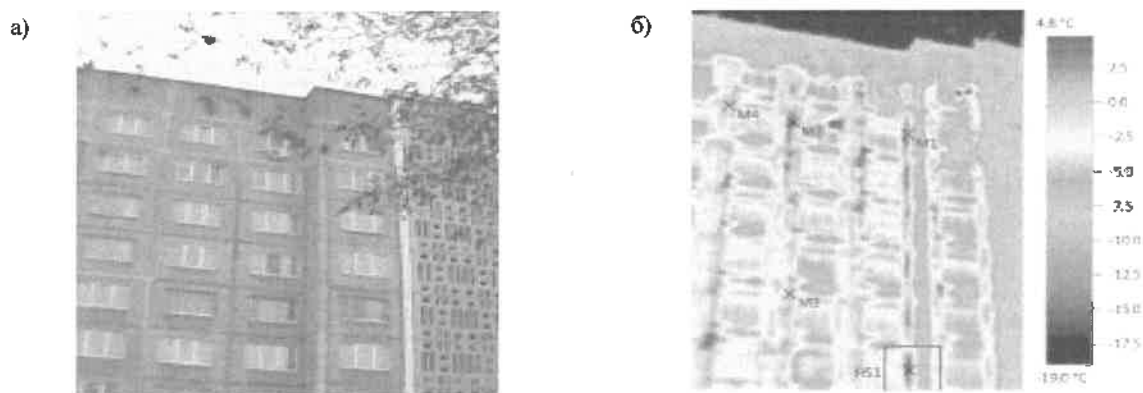


Рисунок 1 – Жилое панельное здание до утепления
а – видимое изображение; б – термограмма

Полный комплект термограмм тепловизионного обследования здания обычно приводится в приложении протокола с целью определения мест с нарушением теплозащитных свойств ограждающих конструкций.

Результаты предварительного опроса домовладельцев и жителей показывают высокий потенциал тепловой визуализации оболочки здания для оценки условий эксплуатации и как интуитивно понятного инструмента коммуникации домовладельцев и жильцов дома.

Заключение. Несмотря на потенциальные ограничения в технической точности, тепловизионные изображения, опубликованные в открытой печати, представляют возможность сделать невидимое тепло видимым, представляя визуальные доказательства областей теплопотерь и потенциального повышения эффективности. И это может стать ключевым шагом в изменении поведения и отношения граждан к вопросам энергосбережения. Таким образом, проблемы потерь тепла могут быть легко сообщены жителям в интуитивно понятном количественном и качественном формате для принятия решения домовладельцев о реализации своего потенциала в области тепловой защиты ограждающих конструкций здания.

Список литературы

1 Епифанцев, Б. Н. Тепловизионная диагностика ограждающих конструкций зданий и сооружений: проблемы, перспективы / Б. Н. Епифанцев, А. Д. Кривошеин // Вестник СибАДИ [Электронный ресурс]. – 2008. – № 7. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/teplovizionnaya-diagnostika-ograzhdayuschih-konstruktsiy-zdaniy-i-sooruzheniy-problemy-perspektivy>. – Дата доступа : 30.07.2019.

2 Салов, А. С. Особенности мониторинга и проведения обследования теплотехнического состояния строительных конструкций / А. С. Салов, Э. С. Гайманова // Вестник Евразийской науки. [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1. – Режим доступа : <https://esj.today/PDF/59SAVN119.pdf>. – Дата доступа : 15.05.2019.

УДК 621.311

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Д. В. ДОРОЩУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Целью исследования влияния внешних факторов на элементы электроснабжения является разработка технических, организационных и экономических мероприятий, направленных на повышение надежности элементов электроснабжения. Все внешние факторы можно разделить на три группы: электрические, механические и прочие.

К электрическим факторам относят грозовые и коммутационные перенапряжения. Грозовые перенапряжения обуславливают до 30 % отключений и повреждений оборудования и высоковольтных линий (ВЛ) в распределительных сетях. Число отключений связано с интенсивностью грозовой деятельности в данной местности. Принятые характеристики интенсивности грозовой деятельности лишь в самых общих чертах отражают опасность гроз для эксплуатации ВЛ и подстанций, так как при этом не учитываются длительность и сила грозы, ее фактическая продолжительность, число разрядов. Прямой удар молнии в провода приводит к растеканию тока молнии в обе стороны по пораженному проводу. В этом случае могут быть перекрыты опоры с ослабленной изоляцией (железобетонные, металлические) или воздушные промежутки в местах пересечений линий даже на больших расстояниях от места поражения ВЛ. В результате импульсного перекрытия изоляции ионизируются прилегающие к каналу разряда слои воздуха и вдоль поверхности изоляции может возникать электрическая дуга рабочего напряжения. Волны индуктированных перенапряжений возникают одновременно на всех трех фазах, распространяются в обе стороны от места поражения, имеют пологий фронт и длительность до сотен микросекунд.

Волны перенапряжений, падающие на оборудование подстанции, ограничиваются разрядниками и способствуют развитию дефектов. Это приводит, в конечном итоге, к повреждению изоляции оборудования, в том числе и на рабочем напряжении. Разрядники не защищают от таких накапливающихся разрушений органическую изоляцию трансформаторов и другого оборудования.

К механическим факторам относят ветер, гололед, вибрацию. Давление ветра на провода, особенно покрытые гололедно-изморозевыми отложениями, во многом определяют надежность работы опор и их механическую прочность. Гололедно-изморозевые отложения образуются при контактах холодного и теплого воздуха, когда возникают условия для конденсации влаги из охлажденного воздуха, они могут создавать усилия на порядок больше, чем от собственного веса проводов, и вызывать увеличения ветровых нагрузок из-за увеличения парусности проводов. Для эксплуатации важно также знать время нарастания и длительности нахождения отложений на проводах. Это позволит подготовиться к борьбе с гололедом, пляской проводов и предупредить повреждения ВЛ. Гололед и изморозь развиваются в период с октября по апрель. В декабре обычно происходит от 30 до 40 % годового числа случаев образований. Гололед достигает опасных размеров уже за 2–3 часа, если воздух сильно насыщен влагой и дует поперечный трассе линии ветер.

Вибрация оказывает разрушающее воздействие на контактные соединения коммутационных аппаратов и трансформаторов. Разбалтывание токоведущих контактных соединений приводит к их обгоранию и нарушению электрического контакта. При длительном действии вибрации возможны изломы и ослабления крепления шин.

Температура окружающей среды влияет на старение материалов, образование гололедных отложений и деформации конструкций температур. Минимальные температуры определяют механическое напряжение в проводах линий и применяемые материалы. Максимальные температуры определяют стрелы провесов проводов ВЛ, максимально допустимые нагрузки электрооборудования. Отклонения эксплуатационных температур изоляции от нормированных на 6–10 °С при прочих равных условиях сокращают ожидаемый срок службы изоляции в 2 раза, так как в 2 раза уменьшается разрывная механическая прочность твердой изоляции.

Периодические изменения температуры приводят к многократным деформациям элементов изделий. Интенсивность воздействий зависит от размаха температур, причем наибольшие неприятности приносят переходы температуры через 0 °С. При конструировании аппаратов стремятся избежать сопряжения материалов с сильно различающимися коэффициентами линейного расширения или применяют амортизирующие прокладки и промазки.

Влага ускоряет коррозию металлов, меняет электрические характеристики диэлектриков, создает гололедно-изморозевые механические нагрузки на провода и опоры ВЛ, способствует тепловому распаду материалов. На основе церезина, нефтяных масел и кремнийорганических соединений изготавливаются гидрофобные смазки, применение которых резко повышает надежность работы изоляторов в районах с сильным загрязнением. Еще более опасна для электротехнических материалов абсорбция, т. е. поглощение влаги. Сопротивление изоляции и пробивное напряжение резко падают. Ускоряются окислительные процессы в изоляции, и она быстро теряет свои механические и электрические свойства. Снижение относительной влажности путем подогрева воздуха позволяет избежать выпадения росы даже при высоких абсолютных содержаниях влаги в воздухе, которым вентилируются комплектные распределительные устройства наружной установки.

Характер промышленных уносов или естественных загрязнений и влажность воздуха являются решающими факторами в процессах коррозии металлов. Образующиеся на металлах окисные плен-

ки, которые в благоприятных условиях могут задерживать процесс коррозии, хрупки и мало пластичны. При деформациях металла в пленках образуются трещины, через которые к металлу идет интенсивный приток кислорода и металл быстро разрушается. Медь коррозионно-устойчива в холодных растворах щелочей. Во влажном воздухе на ее поверхности появляется налет зеленого цвета основной карбонат меди. Если во влаге воздуха или дождевой воде содержится углекислый газ CO_2 , что характерно в районах сжигания топлива, то скорость разрушения меди резко возрастает. Технический алюминий в нейтральных растворах солей практически не разрушается. Контакты, образованные механическим путем, подвергаются коррозии при недостаточно тщательном соединении или отсутствии специальных предохранительных мер (герметизация лаками и смазками). Образующиеся при увлажнении пленки из продуктов коррозии увеличивают переходное сопротивление и нарушают нормальную работу контактов.

По статистическим данным числа отключений воздушных линий видна сезонность таких отключений. За год прослеживается три пика кривой отключения. Первый пик приходится на весенние месяцы – в это время повышенная влажность особенно сказывается на перекрытии и пробое изоляции линии. Второй критический пик (первые летние месяцы) объясняется интенсивностью грозовой деятельности. Третье возрастание числа отключений вызвано осенними дождями, зимними гололедными образованиями и отрицательной температурой.

Наиболее характерными факторами, способствующими отказам воздушных линий, являются морозящий дождь, мокрый снег, густой туман, изморозь и роса. По отношению к силовым трансформаторам электроустановок открытого типа внешними факторами выступают солнечная радиация, атмосферное давление, температура окружающей среды. Для линий 10 кВ и оборудования 10–35 кВ отчетливо просматривается сезонное влияние воздействующих факторов на отказы изоляции линий, ячеек комплектных распределительных устройств наружной установки, отказы трансформаторов. Особенно выделяются временные интервалы внешних факторов: май – август (грозовая активность) и ноябрь – январь (отрицательное воздействие температур, гололедных образований, перегрузка оборудования). Анализ распределения аварийных отключений по месяцам года показывает, что основная часть отключений ВЛ 10 кВ происходит в период с апреля по сентябрь, половина всех аварийных отключений линий в летний период происходит из-за отказов изоляторов. Около 70 % поврежденных опор приходится на весенне-летний период – апрель – сентябрь.

Воздействие внешних факторов приводит к изменению состояния элементов электроснабжения в процессе эксплуатации, т. е. к увлажнению масла в трансформаторах и масляных выключателях, внутрикаковой изоляции и изоляции траверс масляных выключателей, остова вводов, к разрушению опорных и проходных изоляторов при гололедных, ветровых нагрузках и т. п., поэтому для каждого климатического района при эксплуатации необходим учет внешних факторов.

Зависимость показателей надежности оборудования от местных условий является закономерностью, которую необходимо учитывать при оценивании надежности и диагностировании элементов электроснабжения.

УДК 504.054

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ МОДЕЛИ МАЗ

А. В. ЗЕЛЕНКО, И. П. ШИРОКИЙ

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь

Особенности организации процессов горения топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) обуславливают образование вредных веществ, выбрасываемых вместе с отработавшими газами (ОГ) в окружающую среду и оказывающих вредное воздействие на атмосферу, почву, воду, растения, животных и людей. В ОГ дизельных ДВС концентрации оксидов углерода и углеводородов значительно ниже, чем у бензиновых, однако дизеля в больших количествах выбрасывают оксиды азота и твердые частицы (в основном сажу).

В дизельных двигателях СО успевает догорать в процессе расширения. В цилиндре дизельного двигателя всегда имеется в избытке воздух, поэтому концентрация СО дизелей невысокая – не выше 0,2–0,3 % [1]. В дизельном двигателе отводится меньше времени на приготовление горючей смеси, что является причиной ее меньшей однородности. Недостаточное количество воздуха в сме-

си приводит к увеличению выброса сажи, CO и CmHn. Сгорание начинается при впрыскивании топлива через форсунку. Повышение температуры сгорания способствует увеличению образования оксида азота NO_x [1].

Основным источником токсичности дизелей является неполное сгорание топлива, в результате которого образуются CmHn и CO, производные продукты термического разложения углерода.

Согласно требованиям СТБ 2169–2011 «Транспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерения» [2] значения дымности для автотранспортных средств с дизельным двигателем внутреннего сгорания контролируют по следующим показателям: коэффициенту поглощения K и коэффициенту ослабления светового потока N .

Целью настоящей работы является исследование экологической безопасности автотранспортного предприятия путем оценки коэффициента поглощения в зависимости от величины пробега.

В качестве объекта исследования выступал подвижной состав автотранспортного предприятия, представленный следующими моделями автомобилей: MAZ-4906W1-030, MAZ-4901W1-030, MAZ-6905B5-011. Требования по значению соответствующих коэффициентов устанавливаются в зависимости от типа автотранспортного средства (в нашем случае – М3) и экологического класса (Евро 4). Для транспортных средств класса М3 и экологического класса Евро 4 максимальное значение коэффициента поглощения составляет $K = 0,5 \text{ м}^{-1}$.

Для выполнения исследований по определению значения коэффициента поглощения использовали газоанализатор-дымометр автомобильный Автотест-01.04 МЕТА. Результаты выполненных исследований представлены на рисунке 1.

Анализируя экспериментальные данные, представленные на рисунке 1, видим, что значения коэффициента поглощения K при пробеге от 40 000 до 120 000 км для транспортных средств MAZ-4906W1-030 и MAZ-4901W1-030 не превышают нормированных значений. Максимальные значения для данных автомобилей коэффициента поглощения K равны соответственно 0,3 и 0,46 м⁻¹.

Установлено, что значения коэффициента поглощения при пробеге от 40 000 до 120 000 км при эксплуатации автомобиля марки MAZ-4906W1-030 изменяются в пределах от 0,22 до 0,36 м⁻¹, автомобиля марки MAZ-4901W1-030 – в пределах от 0,38 до 0,46 м⁻¹.

Результаты исследования дымности автотранспортного средства марки MAZ-6905B5-011 при пробеге от 40 000 до 120 000 км показали, что значения контролируемых показателей не превышают нормированных значений и варьируются в пределах от 0,32 до 0,43 м⁻¹ для коэффициента поглощения K . При пробеге, равном 120 000 км, исследуемый показатель, для данного автомобиля, превышает нормативное значение на 0,02 м⁻¹. Полученный результат можно объяснить тяжелыми условиями эксплуатации данного автомобиля и неполадкой топливной системы.

Для приведения контролируемого показателя к норме была проведена внеплановая диагностика систем питания и впуска автомобиля MAZ-6905B5-011, которая показала повышенное сопротивление впускной системы.

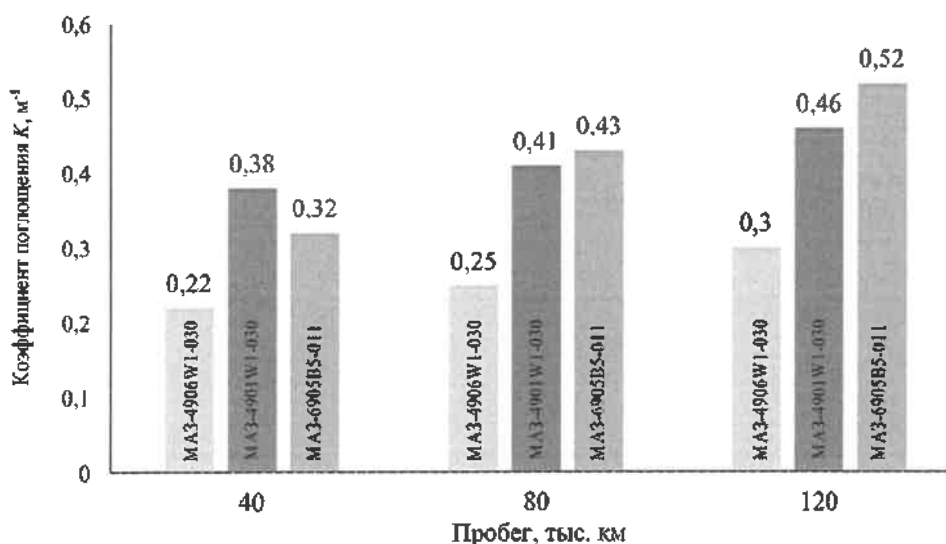


Рисунок 1 – Результаты исследований по определению коэффициента поглощения при различной величине пробега транспортного средства

Выполненный ремонт по замене фильтрующего элемента позволил впоследствии привести значения показателей, характеризующих дымность транспортного средства в соответствие с требованиями нормативно-технической документации.

Повторный контроль показателя дымности, выполненный после ремонта, показал, что значение коэффициента поглощения K составляет $0,48 \text{ м}^{-1}$.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент А. А. Пивоварчик.

Список литературы

- 1 Ерохов, В. И. Токсичность современных двигателей: учеб. / В. И. Ерохов. – М. : Форум ; ИНФА-М, 2013. – 448 с.
- 2 СТБ 2169–2011. Транспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерения. – Введ. 01.01.12 (с отменой на территории РБ ГОСТ 21393–75). – Минск : БелГИСС, 2011. – 7 с.

УДК 504.054

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЯ ДЫМНОСТИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ МАЗ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

А. В. ЗЕЛЕНКО, И. П. ШИРОКИЙ

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь

Автомобильный транспорт является неотъемлемой составной частью единой транспортной системы нашей страны и обеспечивает пассажиро- и грузоперевозки во взаимодействии с другими видами транспорта. При этом ежегодно парк легковых и грузовых автомобилей и объём перевозок различных грузов и пассажиров автомобильным транспортом увеличиваются значительно быстрее, наряду с другими видами транспорта (железнодорожным, воздушным, речным). Возрастающая интенсивность эксплуатации автотранспортных средств, в различных сферах трудовой деятельности и существенный рост их числа сопровождается всё большим масштабом негативных воздействий на окружающую среду [1, 2].

Дымность (дым) – оптическая непрозрачность отработавших газов (ОГ), которая вызвана наличием в них мельчайших частиц сажи, механических частиц, находящихся во взвешенном состоянии, несгоревших паров и капель топлива, масла и других аэрозолей [1].

Измерение дымности в дизельных автотранспортных средствах проводят согласно СТБ 2169–2011 «Транспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерения» [3].

Основным нормируемым параметром дымности является натуральный показатель светового потока (коэффициент поглощения) K (м^{-1}), а вспомогательным – коэффициент ослабления светового потока N (%).

Коэффициент ослабления светового потока N представляет собой степень ослабления светового потока вследствие поглощения и рассеивания света отработавшими газами при прохождении ими рабочей трубы дымомера.

Целью настоящей работы является исследование экологической безопасности автотранспортного предприятия путем оценки коэффициента ослабления светового потока в зависимости от величины пробега.

В качестве объекта исследования выступал подвижной состав автотранспортного предприятия, представленный следующими моделями автомобилей: МАЗ-4906W1-030, МАЗ-4901W1-030, МАЗ-6905B5-011. Требования по значению соответствующего коэффициента устанавливаются в зависимости от типа автотранспортного средства (в нашем случае М3) и экологического класса (Евро 4). Для транспортных средств, класса М3 и экологического класса Евро 4 максимальное значение коэффициента ослабления светового потока составляет $N = 19 \%$.

Для выполнения исследований по определению значения коэффициента ослабления светового потока использовали газоанализатор-дымометр модели Автотест-01.04 МЕТА. Результаты выполненных исследований по определению коэффициента ослабления светового потока представлены на рисунке 1.

Экспериментальные данные, представленные на рисунке 1, показывают, что значения коэффициента ослабления светового потока N при пробеге от 40 000 до 120 000 км для транспортных средств МАЗ-4906W1-030 и МАЗ-4901W1-030 не превышают нормированных значений. Максимальные значения для данных марок автомобилей коэффициента ослабления светового потока N составляют 12 и 18 % соответственно.

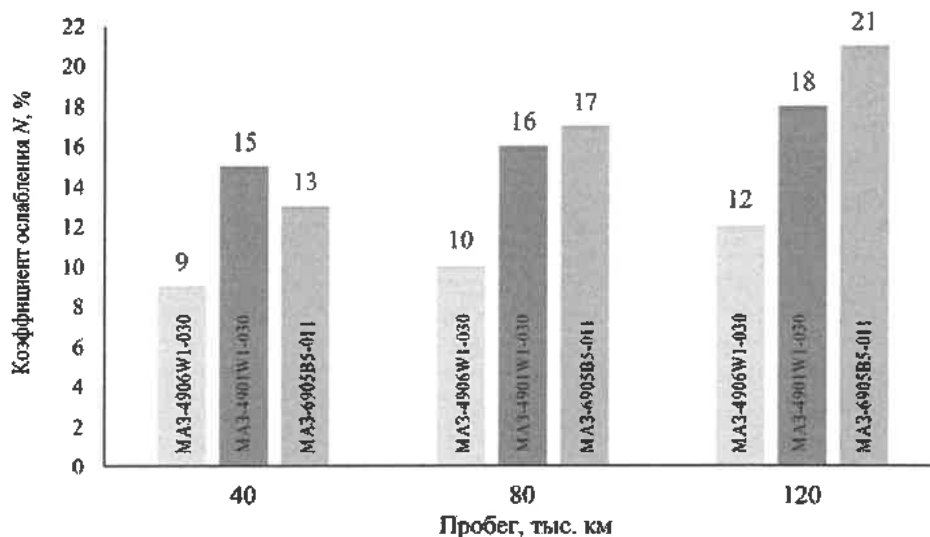


Рисунок 1 – Результаты исследований по определению коэффициента ослабления светового потока при различной величине пробега транспортного средства

Значения коэффициента ослабления светового потока N при эксплуатации названных выше моделей находятся в пределах от 9 до 12 % для транспортных средств модели МАЗ-4906W1-030 и 15–18 % – для транспортных средств модели МАЗ-4901W1-030. Следовательно, при пробеге от 40 000 до 120 000 км значение коэффициента ослабления светового потока N при эксплуатации автомобиля марки МАЗ-4901W1-030 в среднем на 6 % выше, чем у автомобиля марки МАЗ-4906W1-030.

Результаты исследования дымности автотранспортного средства марки МАЗ-6905B5-011 при пробеге от 40 тыс. км до 120 тыс. км показали, что значения контролируемого показателя не превышает нормированных значений и варьируются в пределах от 13 до 17 % для коэффициента ослабления светового потока N . Также видно, что при пробеге в 120 000 км исследуемый показатель, для данного автомобиля, превышает нормативное значение на 2 % для коэффициента ослабления светового потока N . Можно предположить, что такое превышение обусловлено тяжелыми условиями эксплуатации данного автомобиля и неисправностями топливной системы.

Для приведения контролируемого показателя к норме была проведена внеплановая диагностика систем питания и впуска автомобиля МАЗ-6905B5-011, которая показала повышенное сопротивление впускной системы.

Выполненный ремонт по замене фильтрующего элемента позволил впоследствии привести значения показателей, характеризующих дымность транспортного средства в соответствие с требованиями нормативно-технической документации.

Повторный контроль исследуемого показателя дымности, выполненный после ремонта, показал, что значение коэффициента ослабления светового потока N составляет 18 %.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент А. А. Пивоварчик.

Список литературы

- 1 Ерохов, В. И. Токсичность современных двигателей : учеб. / В. И. Ерохов. – М. : Форум; ИНФА-М, 2013. – 448 с.
- 2 Пивоварчик, А. А. Экологическая безопасность автомобилей : лаб. практикум / А. А. Пивоварчик, Е. В. Пивоварчик. – Гродно : ГрГУ, 2016. – С. 10–12.
- 3 СТБ 2169–2011. Транспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерения. – Введ. 01.01.12 (с отменой на территории РБ ГОСТ 21393–75). – Минск : БелГИСС, 2011. – 7 с.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

А. И. КИРИЛЕНКО, В. И. ФИРСОВ

Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

Безопасность полетов во многом определяется качеством освещения взлетно-посадочной полосы (ВПП). Эргономичное освещение кабин обеспечивает высокую работоспособность летного состава. Световое оформление аэропортов, лестницы салонов самолета является не только элементом дизайна, но и благоприятно влияет на психологический настрой пассажиров [1]. Обеспечение этого светотехнического комплекса требует немалых энергозатрат, и гонка за престижем только увеличивает затраты. В последнее время светодизайну уделяется настолько много внимания, что исчезает сам термин «наружное освещение». Теперь прогресс в этой области достигается за счет светодиодных (СД) источников света. Темпы развития СД ламп поражают. Первые лампы на полупроводниковых гетероструктурах имели мощность 1–3 Вт. В настоящее время лучшие образцы дают 500 лм (белые), быстро растет и светоотдача. Уже достигнут рубеж 120 лм/Вт и до 200 лм/Вт и при токе 350 мА. Достигнутые яркостные характеристики СД способны обеспечить осевой огонь прямого участка рулежной дорожки (РД) (0,2 кд, зеленый), осевой огонь закругленного участка РД (0,1 кд, зеленый), стоп-огонь (0,2 кд, красный), предупредительный огонь (0,2 кд, желтый). Те возможности, которые предоставляют СД источники по энергоэффективности и светодизайну также впечатляют. Мы имеем в своем распоряжении световые модули, световые шнуры, ленты, диски и даже тарелки [2]. Светодиодный осветитель, сопряженный с фотобатареей, ветрогенератором и аккумулятором (суперконденсатором), перевернул представление об энергетической эффективности освещения. Теперь имеется возможность простого и безынерционного управления не только яркостными, но и цветовыми (спектральными) характеристиками. На этой базе создана концепция интеллектуального освещения (smart light) – по сути, динамического освещения с новыми возможностями.

Недавно опубликованы исследования соотношения «цена – качество» некоторых светодиодных источников на российском рынке [2] (таблица 1).

Таблица – Основные характеристики светодиодных источников света

Фирма	Светоотдача, лм/Вт	Световой поток, лм		Расход за год, руб.	Мощность, Вт		Стоимость, руб.
		заявленный	фактический		заявленная	фактическая	
Эра	89,9	600	520	276,96	7	5,78	119
Gauss ELEMENTARY	88,1	550	515	279,84	6	5,84	98
PHILIPS	94,5	560	570	288,94	6	6,03	128
СТАРТ	96	640	772	384,78	8	8,04	299
OSRAM	85	806	782	440,84	9	9,2	163

Как видим, заявленные технические характеристики не всегда соответствуют реалиям. К сожалению, приведенные данные еще не позволяют рассчитать эффективность освещения рассмотренными типами ламп, поскольку отсутствуют данные по сроку службы. Этот параметр испытывает существенные колебания не только от производителя к производителю, но и от одной лампы к другой. На него также влияют условия эксплуатации, в частности, износ включением. Известно, что такой эксплуатационный параметр для СД источников еще не исследовался. Объективно эффективность освещения должна оцениваться по выработанной источником световой энергии (люмен-часы) отнесенной к затратам (руб.), учитывающим стоимость источников, электроэнергии, расходов по уходу за световыми приборами за время эксплуатации, а также стоимость природоохранных мероприятий.

Нами изучались проблемы СД освещения в быту и в офисе. Применение светодиодов в светильниках повысило и общую культуру освещения. Исключена такая проблема, как включение ламп разной цветности в одном светильнике. Более грамотно стали устраивать офисное (аудиторное) освещение. Практически исключено включение светильников по рядам (группам), перпендикулярным окнам.

Светодиоды в целом гораздо более устойчивы к износу включением. Теперь можно чаще их включать и выключать, что дает дополнительный эффект энергосбережения. Однако при эксплуатации ламп с цоколем Е 14 примерно через год эксплуатации при включении (а иногда и в процессе горения) наблюдаются сильные пульсации светового потока, которые иногда пропадают при по-

вторном включении. Мы не наблюдали этот эффект в лампах с цоколем E 28. Причина дефекта – некачественная система поджига (драйвера).

Еще одна проблема – отказ светодиодных модулей в светильниках. Если поврежден один светодиод, часто выходит из строя весь светильник. Причина – тонкий контактный слой, плохо пропаянный. Мощные светодиоды достаточно сильно греются. Это ограничивает область их применения. Например, в цехах, где работают с растворителями типа «Нефрас» с температурой вспышки 31 °С, применение таких ламп может быть ограничено по соображениям взрывобезопасности.

Часто наблюдается странное явление. Свет выключен, а светодиоды слабо светятся. Скорее всего, существуют наводки через заземление. Этому же способствует плохой монтаж, слабые и ненадежные детали, что проявляется в утечках. Иногда наблюдается выгорание люминофора в отдельных светодиодах.

Мы также изучали работу светильника «Универсал», модель «SBL Universal 36W 65K». Габариты 550 × 550 мм. Он содержит 4 полосы светодиодов по 30 штук в каждой. Цветовая температура 6500 К, световой поток 3200 лм, общий индекс цветопередачи $R_a < 80$, что довольно мало; $\cos \varphi > 0,9$, коэффициент пульсаций $IPF < 1 \%$; потребляемая мощность –160–240 Вт, срок службы – 50 тыс. часов, производитель – Китай. За три года эксплуатации осветительной системы помещения, состоящей из 6 светильников, из строя вышли два. Правда, не одновременно. Тот, который испортился через год, неоднократно ремонтировался (замена блока питания), но безуспешно. Как видим, на рынке в этом сегменте достаточно некачественной продукции.

Отдельно следует рассмотреть влияние СД на зрение. Такие источники обладают повышенной интенсивностью в синей и фиолетовой части спектра, что отрицательно влияет на сетчатку глаза, оказывая фотомеханическое (эффект ударной волны света), фототермическое (локальное повышение температуры) и фотохимическое (вызывающее изменения в структуре макромолекул) действие. Легко подсчитать, что для $\lambda = 430$ нм (максимум синего излучения GaN) полуширина спектра при 300 К составляет 7 нм, так что ультрафиолетовая (УФ) область, действительно, захватывается. Доля УФ СД в области УФ – А (335–400 нм) считается значительной при цветовой температуре $T_u > 3300$ К (имеются белые лампы с $T_u = 10\,000$ К). Для сетчатки глаза предельно допустимые уровни облучения (ПДУ) по УФ составляют порядка 10 Дж/м² (лазерное излучение лимитируется плотностями энергии порядка 4,4 Дж/м²). Однако ущерб зрению будет нанесен при длительном просмотре, особенно с близкого расстояния, дисплеев, СД экранов, телевизоров и проч. В этом случае ПДУ по УФ -излучению могут достигаться за время порядка одного месяца [3]. Синий светодиод в соответствии со стандартом EN 62471 с интенсивностью 15 Вт относится к третьей, высшей, группе риска (максимально допустимое время воздействия – 0,25 с). Специалисты рекомендуют избегать освещения СД в темное время суток перед сном. Свет, обогащенный УФ, подавляет секрецию мелатонина, который регулирует циркадные ритмы организма. Рекомендуется блокировка синей части спектра за 2–3 часа перед сном посредством очков с фильтрами. Такая же проблема возникала и при замене хрусталика искусственным. Она успешно решена. В целом открытие незрительных функций сетчатки неизбежно приведет к пересмотру норм в освещении, поскольку на настоящий момент нормируются только люксы. Рассмотренные здесь основные аспекты СД освещения, безусловно, влияют на безопасность полетов и на конкурентные возможности авиационного транспорта.

Список литературы

- 1 Энциклопедия безопасности авиации / под ред. Н. С. Кулика. – Киев : Техника, 2008. – 1000 с.
- 2 Наш потребнадзор : ТВ передача // NTV. RU. – 2019. – 8 сент.
- 3 Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Знак, 2006. – 972 с.

УДК 629.4.082.3

ВЗАИМНОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В НЕШТАТНОЙ СИТУАЦИИ

Т. С. КОРОЛЁНОК, В. И. ГУРИНОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В результате воздействия природных и техногенных факторов периодически происходят нарушения электроснабжения различных объектов. В отдельных случаях отрезанными от промышленной сети оказываются целые населенные пункты. Анализ основных потенциальных источников во-

енных угроз, прогнозируемых сценариев развязывания вооружённых конфликтов и военных действий, а также опыт военных конфликтов последнего десятилетия позволяют сделать вывод, что системы электроснабжения являются одним из первоочередных объектов массированных ударов авиации и высокоточного оружия. Всё это приведет к необходимости восстановления электроснабжения отдельных объектов, потребителей и даже единичных электроприемников. При этом требуемая мощность будет сильно различаться. Из вышеизложенного следует, что задачи по восстановлению электроснабжения различных по назначению и потребляемой мощности электроприемников являются актуальными как в мирное время, так и в условиях военного конфликта.

В данной статье предлагается алгоритм принятия решения по обеспечению (восстановлению) электроснабжения мобильных и удаленных от стационарной сети потребителей в аварийной ситуации на основе комплексного (согласованного) использования различных образцов вооружения, военной специальной техники (ВВСТ).

В настоящее время нет алгоритма принятия решения по обеспечению (или восстановлению) устойчивого электроснабжения потребителей в случае их удаления от источников. Нет четко определенных значений расстояний и потребляемых мощностей, которые позволяли бы однозначно принимать решение о целесообразности прокладки нового или восстановления поврежденного участка воздушной линии электропередач (ВЛЭП), использования автономного электроагрегата (ЭА), передвижной электростанции (ПЭС) или альтернативного источника электроэнергии. Номенклатура ВВСТ, стоящих на вооружении транспортных войск довольно обширна. Условно все образцы можно разделить на следующие группы:

- источники, предназначенные для выработки электрической энергии и обеспечения ею потребителей (электроагрегаты и электростанции);
- потребители, оборудованные электроприводом и не имеющие в своем составе источника электрической энергии;
- потребители, оборудованные электроприводом и имеющие в своей конструкции встроенный источник электрической энергии;
- потребители, оборудованные электроприводом и имеющие в своем составе автономный, легко заменяемый источник электрической энергии.

В зависимости от условий и места эксплуатации отдельные образцы вооружения позволяют:

- потреблять электрическую энергию из промышленной сети;
- получать электрическую энергию из промышленной сети и распределять ее потребителям;
- вырабатывать электрическую энергию и распределять ее потребителям;
- вырабатывать электрическую энергию и выдавать ее во внешнюю сеть, соответствующей мощности.

В процессе применения источники электроэнергии могут быть выведены из строя по разным причинам. Для восстановления работоспособности электрифицированных машин и механизмов необходимо выполнить их ремонт или истребовать на замену исправный образец в довольствующем органе. Процесс ремонта может быть длительным, а иногда и невозможным. Время на истребование замены также продолжительно, что в условиях ограниченных сроков может привести к срыву выполнения поставленных задач. Поэтому целесообразно оценить наличие собственных сил (наличие необходимых источников и возможность их перераспределения) и принять решение об их перенацеливании. Таким образом, ВВСТ, оборудованная электроприводом, может рассматриваться в качестве аварийного источника или распределительного устройства. Еще более перспективным видится использование в этих целях образцов, имеющих электрическую трансмиссию и комбинированную силовую установку. Белорусский трактор «Беларус-3023» с электрической трансмиссией при необходимости может питать потребители мощностью до 175 кВт.

В рамках диссертационных исследований выполнены научно-исследовательские работы «Разработка комплексной системы электроснабжения мобильных и удаленных потребителей при проведении подразделениями транспортных войск учебно-практических занятий на объектах железнодорожного транспорта» и «Организация взаимного электроснабжения в нештатной ситуации образцов вооружения военной и специальной техники транспортных войск». Получены следующие результаты:

- выполнен анализ характеристик источников и потребителей электрической энергии, стоящих на вооружении транспортных войск;
- выработаны предложения по их использованию в зависимости от условий эксплуатации;

– предложен алгоритм принятия решения о способе восстановления электроснабжения мобильных и удаленных потребителей (рисунок 1).

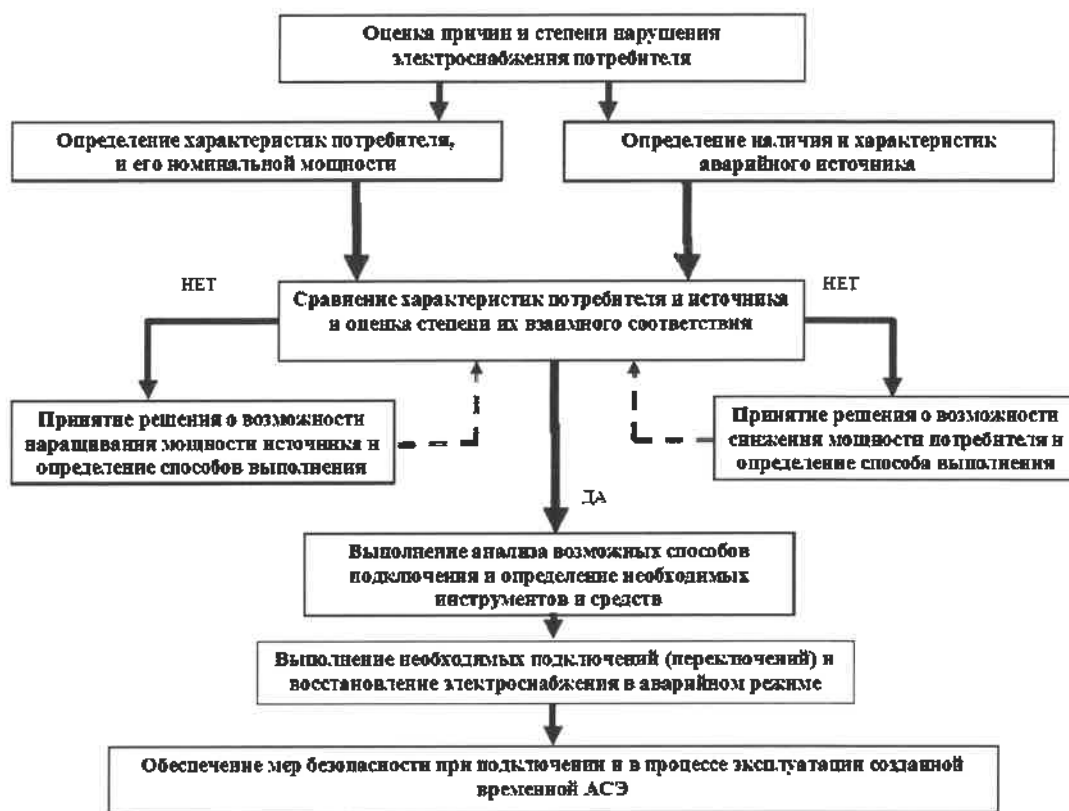


Рисунок 1 – Алгоритм принятия решения о способе восстановления электроснабжения мобильных и удаленных потребителей

Предложенный алгоритм позволяет решать задачи по обеспечению и восстановлению электроснабжения удаленных и мобильных объектов как Вооруженным Силам, так и при ликвидации последствий ЧС.

Список литературы

- 1 Алексеев, А. П. Эксплуатация электроагрегатов и передвижных электростанций / А. П. Алексеев, Л. И. Старостин. – М. : Воениздат, 1977. – 255 с.
- 2 Войсковые электротехнические средства : учеб. пособие / В. В. Балута, В. Г. Пацукевич, В. В. Куница. – Минск : Военная академия Республики Беларусь, 272 с.
- 3 Дизельные и карбюраторные электроагрегаты и станции. Справочник / А. П. Алексеев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1973. – 544 с.
- 4 Королёнок, Т. С. Подвижные мастерские по ремонту и техническому обслуживанию вооружения, военной и специальной техники транспортных войск : учеб. пособие / Т. С. Королёнок, В. И. Гуринович, Н. Н. Галуза. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 67 с.
- 5 Королёнок, Т. С. Электроагрегаты и передвижные электростанции : учеб. пособие / Т. С. Королёнок, С. А. Кулаков, С. Н. Матвеев. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 140 с.
- 6 Королёнок, Т. С. Мобильный энергетический комплекс / Т. С. Королёнок, О. С. Мармозова // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы Междунар. конференции молодых ученых; редкол. : И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2011. – 290 с.
- 7 Могила, В. С. Использование транспортных средств с электрической комбинированной силовой установкой при ликвидации чрезвычайных ситуаций / В. С. Могила, Т. С. Королёнок // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации : материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч. 1 ; редкол. : И. И. Суторьма (науч. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. – 257 с.
- 8 Могила, В. С. Мобильный энергетический комплекс на базе транспортных средств с электромеханической трансмиссией / В. С. Могила, Т. С. Королёнок // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации : материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч. 1; редкол. : И. И. Суторьма (науч. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. – 257 с.
- 9 Гибридные системы электроснабжения для удаленных поселков [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://solair.ru/index.php/2011-03-31-09-09-07/41-hybridpos>. – Дата доступа : 27.01.2017.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СЛУЖБ ПРЕДПРИЯТИЯ

Е. А. КОРШУНОВ

ООО «Центр инжиниринга», г. Гомель, Республика Беларусь

А. А. КАПАНСКИЙ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

А. С. ФИКОВ

Государственный институт повышения квалификации и переподготовки кадров в области газоснабжения «ГАЗ-ИНСТИТУТ», г. Минск, Республика Беларусь

Основными задачами специалистов инженерно-технических служб промышленных предприятий является поддержание в работоспособном состоянии энергетического и технологического оборудования, обеспечение бесперебойной работы сетей энергоснабжения, составление периодической отчетности, а также проведение расчетов, необходимых для формирования энергетических и материальных балансов предприятия.

Программные комплексы, отвечающие потребностям инженерных служб, должны интегрироваться в информационную инфраструктуру предприятия, иметь возможность обмена информацией с внешними контрагентами (путем экспорта данных) и взаимодействовать с электронными ресурсами государственных органов и служб (рисунок 1).

Современная информационная модель предприятия представляет собой комплекс баз данных и распределенных приложений, обеспечивающих потребности отделов бухгалтерии, экономики, сбыта и маркетинга. Однако информацию, необходимую для эффективной работы инженерно-технических служб предприятия (материально-ответственные лица, сроки ввода оборудования в эксплуатацию, даты списания, сроки амортизации), часто приходится запрашивать в соответствующих отделах, что отнимает существенную часть рабочего времени.



Рисунок 1 – Принципиальная схема информационного обмена

Специалистами ООО «Центр инжиниринга», при содействии экспертов ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ» и ГГТУ им. П. О. Сухого, разработан программный комплекс (ПК) «Офис инженера», включающий в себя информационную систему (ИС) «Оборудование» и аналитическую систему (АС) «Статистика». ПК «Офис инженера» позволяет автоматизировать повседневные функции инженеров предприятия.

Представленный комплекс позволяет решать повседневные задачи, стоящие перед специалистами инженерных служб территориально распределенных предприятий, концернов, объединений или ведомств.

Информационная система «Оборудование» позволяет создавать иерархическую модель организации любой сложности, включая все структурные и дочерние подразделения. Модель строится на основе гибкой классификации объектов учета. На базе такой модели достигается автоматизация нескольких процессов, присущих большинству инженерно-технических служб:

- ведение технического учета оборудования и связь с данными бухгалтерского и экономического программного обеспечения, используемого на предприятии;
- планирование проведения ремонтных работ и мониторинг исполнения планов-графиков планово-предупредительных ремонтов;
- работа с данными поставщиков оборудования и закупками.

ИС «Оборудование» состоит из программных модулей, подключаемых к объектам модели предприятия или так называемым «классам объектов учета». Каждый модуль системы включает объект (или класс) в определенный процесс или наделяет его соответствующими функциями и свойствами. Под классом объекта учета понимается набор свойств описывающих конкретный вид оборудования (например: станок, распределительный щит, теплообменник, котел или генератор) или промежуточный объект учета (например: цех, здание, площадка или отдел).

При добавлении нового объекта в модель приложение требует от пользователя указать его класс и ввести величины свойств, присущие создаваемому объекту учета. Управление классами осуществляется централизованно, ответственными администраторами приложения с помощью форм и редакторов подсистемы классификации. Набор свойств класса контролируется администраторами системы. После добавления нового свойства класса его значение становится доступно для редактирования пользователям системы и материально-ответственным лицам. Таким образом, управляющий персонал может «запросить» необходимые для анализа, отчетности или расчетов данные по всей структуре предприятия.

Набор модулей системы или их функций может быть дополнен в соответствии с потребностями инженерной службы предприятия. На основе модели предприятия представляется возможным производить необходимые инженерные расчеты, формировать оперативную отчетность, сводить балансы или подключать данные других информационных систем или АСКУЭ.

Аналитическая система «Статистика» призвана упростить и ускорить работу по сбору и обработке статистической и иной стандартизированной отчетности на крупных предприятиях (в концернах, министерствах и ведомствах).

Для организаций, имеющих разветвленную структуру подразделений, филиалов и дочерних предприятий, процесс составления сводной отчетности должен учитывать их юридическую принадлежность, а также принятую систему взаимных расчетов. При формировании отчетности по всей организационной структуре требуется обработка большого объема данных. В этом процессе, ответственным специалистам легко допустить ошибку при проведении расчетов, сверке перекрестных величин или при группировке многочисленных пунктов таблиц и ячеек.

АС «Статистика» служит:

- для заполнения и проверки статистических, ведомственных и отраслевых отчетов;
- централизованного сбора и контроля данных (отчетов);
- автоматизированного формирования сводной отчетности предприятия;
- ведения учета потребления ТЭР по направлениям (на производство продукции, выполняемые работы/услуги);
- ведения журнала теплотворных способностей по видам потребляемого топлива;
- ежемесячного учета выработки/генерации тепловой и электрической энергии;
- сверки балансов отпуска/поставок ТЭР.

Все отчеты, включая сводные (групповые), подчиняются единой схеме проверки достоверности и подписания данных. Прошедшие через процесс подписания отчеты считаются достоверными, рассматриваются в вышестоящих организациях и участвуют в дальнейшем формировании сводных отчетов по организации (министерству, ведомству) в целом.

Заключение. Представленный программный комплекс «Офис инженера» удовлетворяет потребности инженерных служб предприятий в информационном обеспечении основных и вспомогательных производственных процессов, просто интегрируется с популярными решениями экономической и бухгалтерской направленности. Внедрение ПК на предприятиях позволяет достичь повышения оперативности работы инженерно-технического персонала предприятий, своевременности подготовки комплекса достоверной периодической отчетности.

УДК 621.311.1:628.1/2

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ

П. А. ЛУТЧЕНКО

Гомельская дистанция гражданских сооружений, Республика Беларусь

В настоящее время одной из важнейших проблем является проблема энергосбережения. Очистка сточных вод до нормативов сброса в водные объекты является очень энергоемким процессом. В связи с этим применение энергосберегающих решений при очистке сточных вод актуально.

Объектом исследования являются канализационные очистные сооружения (КОС) расчетной производительностью 125 200 м³/сут. Очищенные сточные воды сбрасываются в реку Неман. В состав КОС входят: сооружения механической очистки (решетки, песколовки, первичные отстойники), сооружения биологической очистки (аэротенки, вторичные отстойники), контактные резервуары, в которых сточные воды подвергаются обеззараживанию. Осадок очистных сооружений отводится на иловые площадки.

На рисунке 1 представлена диаграмма распределения энергозатрат в процентном отношении для КОС.



Рисунок 1 – Распределение электроэнергии в процентном отношении на КОС г. Гродно

Основная часть электроэнергии затрачивается на биологическую очистку (77 %), а именно на аэрацию сточных вод.

На основании анализа работы существующих очистных сооружений выявлены следующие проблемы:

1) в очищенных сточных водах наблюдается повышенное содержание биогенных элементов, следовательно необходима реконструкция аэротенков;

2) наблюдается вынос активного ила из вторичных отстойников – необходима реконструкция вторичных отстойников.

Разработаны следующие мероприятия по реконструкции.

1 Выделение зон в аэротенке, необходимых для удаления биогенных элементов (азота и фосфора).

2 Замена системы аэрации с раскладкой по принципу 100%-ного охвата ширины коридора и распределение количества аэраторов по убывающему принципу. Такая раскладка позволит повысить КПД системы аэрации и общий КПД процесса очистки в целом и снизить общее количество воздуха и соответственно затраты электроэнергии на станции аэрации.

3 Установка нового воздуходувного оборудования с регулируемой производительностью.

4 Установка пропеллерных мешалок для предотвращения осаждения осадка в распределительных каналах.

5 Оснащение вторичных отстойников тонкослойными модулями для интенсификации процесса осаждения.

Предложенные мероприятия направлены на интенсификацию работы очистных сооружений и снижение энергопотребления.

В ходе исследования выполнен расчет статьи затрат электроэнергии по основному оборудованию, установленному на очистных сооружениях (таблица 1).

Суточное энергопотребление очистных сооружений

$$W = \sum (PT), \quad (1)$$

где P – мощность оборудования, кВт;

T – время работы оборудования, ч.

Таблица 1 – Расчет экономии электроэнергии

Показатель	Значение
Суточное энергопотребление очистных сооружений (до реконструкции)	20 415,86 кВт·ч/сут
Суммарная потребляемая мощность оборудования (после реконструкции)	905,954 кВт
Суточное энергопотребление очистных сооружений (после реконструкции)	14 495,26 кВт·ч/сут
Суточная экономия электроэнергии	5 920,6 кВт·ч/сут
Годовая экономия электроэнергии	2 161,019 тыс. кВт·ч/год

Таким образом, предложенные мероприятия по реконструкции очистных сооружений позволят сэкономить энергопотребление на 29 %. Согласно действующим тарифам на электроэнергию годовая экономия в денежном выражении составит 408 281,32 руб./год.

Полученную экономию можно увеличить еще на 10–15 %, внедрив автоматизированную систему управления технологическими процессами очистных сооружений.

В результате экономический эффект от внедрения рассмотренных мероприятий на очистных сооружениях составит более 40 %.

УДК 656.13.072

О ПЕРЕВОДЕ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА

С. В. ЛЯХОВ, Т. Г. ТАБОЛИЧ, В. Г. МОНКЕВИЧ

Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника», г. Минск

Согласно исследованию Mordor Intelligence Analysis в 2018 году в мире эксплуатировалось около 3 млн автобусов, при этом ежегодно будет происходить замена 300 тыс. единиц экологически

чистым транспортом. По прогнозу, за 2018–2023 годы мировой рынок экологически чистого транспорта вырастет в среднем на 25 %. Это обусловлено ростом цен на топливо, загрязнением окружающей среды, возможностью использования возобновляемых источников энергии. Азиатский регион (Китай, Япония, Индия) лидирует на мировом рынке городского пассажирского транспорта на электротяге. По данным Mordor Intelligence Analysis, начиная с 2011 года на китайском рынке было реализовано 370 тыс. электробусов, из них в 2017 году – порядка 89,5 тыс. По объему использования городского пассажирского транспорта на электротяге Европа значительно уступает Азии. В 2018 году в европейских странах эксплуатировалось примерно 2000 электробусов. В «Белой книге» Европейского экономического сообщества, в которой представлен Стратегический план для единой европейской транспортной зоны. В направлении к конкурентоспособной и ресурсоэффективной транспортной системе, есть два положения по дате перевода городского пассажирского транспорта в Европейском союзе на электротягу: к 2030 году – перевод половины автобусов на электротягу, к 2050 году – замена на электробусы всех автобусов в городах.

В Республике Беларусь согласно Бюджетному кодексу определены меры субсидирования из местных бюджетов для транспортных предприятий, занимающихся перевозками пассажиров: субсидии, в уставных фондах которых 50 % и более акций принадлежит государству; субсидии на обновление пассажирского транспорта организаций, в уставных фондах которых 50 % и более акций (долей) принадлежит государству. Однако последние пять лет наблюдается снижение пассажиропотока городского транспорта на электротяге. Срок эксплуатации городского пассажирского транспорта, включая автобусы и троллейбусы, приближается к нормативному. Практически весь приобретаемый в перспективе транспорт будет направлен на восполнение парка списываемого транспорта.

Введение дополнительных электроэнергетических мощностей за счет запуска БелАЭС дает новые возможности для развития городского пассажирского транспорта, а также позволяет регулировать баланс производства и потребления электроэнергии в течение суток.

В целях стимулирования перевода подвижного состава городского пассажирского транспорта на электротягу в Республике Беларусь должны быть применены экономические регуляторные меры. На государственном уровне необходимо проводить политику, создающую приоритетные условия для предприятий, производящих инновационный городской пассажирский транспорт на электротяге, и предприятий, готовых его приобретать.

Задачами политики должны быть: стимулирование разработки и производства инновационного городского пассажирского транспорта на электротяге, его компонентов и зарядных станций; достижение производимой техникой мирового технического уровня и конкурентоспособности, включая характеристики безопасности, надежности, экономичности и экологичности; увеличение объема научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке подвижного состава и инфраструктуры городского пассажирского транспорта на электротяге; создание привлекательных условий владения городским пассажирским транспортом на электротяге для автотранспортных предприятий путем снижения материальных затрат на приобретение транспорта.

Для осуществления данной политики необходимо: в рамках Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь предусмотреть отдельное направление развития инновационного городского пассажирского транспорта на электротяге, включая создание электробусов с ночной зарядкой; разработать план субсидирования производства и приобретения инновационного городского пассажирского транспорта на электротяге, его компонентов и зарядных станций на 2021–2025 годы. Субсидирование должно:

- строиться по принципу частичной компенсации затрат на производство инновационного транспорта с последующей продажей его транспортным предприятиям по сниженной на сумму субсидии цене;

- быть связано со степенью локализации производства на территории Республики Беларусь (при предоставлении субсидии на производство и приобретение);

- быть дифференцировано по видам транспорта;

- иметь разработанные критерии отнесения производимого транспорта к инновационному, а также установленные правила определения степени локализации производства данного транспорта в республике;

- выполняться на конкурсной основе исходя из предоставленных планов по приобретению транспорта;

– производиться из возможностей республиканского бюджета, но при этом предусматривать годовую закупку транспорта не менее определенного количества.

Показателем результативности субсидирования должно выступать увеличение производства и приобретения инновационного городского пассажирского транспорта на электротяге в отчетном году по отношению к предыдущему году.

После окончания периода 2021–2025 годов необходимо предусмотреть планомерное снижение субсидирования.

В сфере энергетики при переводе городского пассажирского транспорта на электротягу необходимо учитывать следующие факторы: требования по минимальному и максимальному количеству подвижного состава, переводимого на электротягу, в действующих нормативных правовых актах не определены; существующая инфраструктура распределительных сетей в целом достаточна для установки зарядных станций; существует возможность на период до 2025 года определить места расположения зарядных станций, не требующих усиления распределительной сети; ограничения на объем потребления электрической энергии городским пассажирским транспортом на электротяге отсутствуют; при обеспечении стабильной работы энергосистемы после ввода в эксплуатацию БелАЭС важным фактором становится потребление электроэнергии в ночное время, а следовательно, использование электробусов с ночной зарядкой.

Величина тарифа на электроэнергию для городского пассажирского транспорта на электротяге должна отвечать следующим условиям: обеспечивать безубыточность работы энергоснабжающих организаций; обеспечивать снижение удельных затрат на тягу электробуса по сравнению с транспортом с двигателем внутреннего сгорания; обеспечивать компенсацию затрат на приобретение городского пассажирского транспорта на электротяге по сравнению с транспортом с двигателем внутреннего сгорания, включая возмещение затрат на развитие инфраструктуры зарядных станций.

При расширении зоны эксплуатации электробусов, т. е. формировании маршрутов в малых городах и пригородных маршрутов, возникнет необходимость строительства маршрутной инфраструктуры и организации технического обслуживания электробусов.

До начала производства электробусов с ночной зарядкой потребуются:

- провести научно-исследовательские работы по анализу и проектированию линейной инфраструктуры электробусов для использования в малых городах и на пригородных маршрутах;
- создать сети региональных центров коллективного технического обслуживания электробусов и организовать службы оказания технической помощи на удаленных маршрутах.

Целевыми показателями перевода городского транспорта на электротягу должны выступать:

- увеличение доли подвижного состава городского пассажирского транспорта на электротяге в общем количестве подвижного состава, выполняющего городские и пригородные перевозки пассажиров в регулярном сообщении;
- увеличение доли протяженности маршрутной сети электробусов, троллейбусов и трамваев.

При осуществлении контроля индикативными показателями могут выступать: увеличение длины маршрутов городского пассажирского транспорта на электротяге; сокращение потребления моторного топлива; увеличение потребления электрической энергии; уменьшение объема импортируемого топлива, замещаемого на электроэнергию за счет перевода подвижного состава городского пассажирского транспорта на электротягу; снижение выбросов парниковых газов за счет перевода подвижного состава городского пассажирского транспорта на электротягу.

УДК 621.311.1

УТИЛИЗАЦИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

М. П. МАЛАШЕНКО

Департамент по энергоэффективности Госстандарта, г. Минск, Республика Беларусь

Наша страна от 70 до 90 % производимой продукции реализует на внешних рынках. При этом сырье для этой продукции закупается Республикой Беларусь также на внешних рынках. Поэтому

для успешности экономики в нынешних условиях нашим производителям необходимо снижать себестоимость продукции, одной из составляющих которой, как известно, является энергетическая.

Хозяйственный комплекс Беларуси характеризуется структурой потребления энергоресурсов, в которой доминирует тепловая составляющая – около 77 % в среднем по промышленности. При этом более половины (55,6 %) в структуре приходной части энергобаланса Республики Беларусь занимает импортный природный газ.

В настоящее время снижение потребления природного газа в электроэнергетике и хозяйственном комплексе решается путем замены на местные виды топлива (МВТ), а также на возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

К местным видам топлива в Беларуси можно отнести торф, бурые угли, попутный газ, топливную древесную щепу и отходы деревообработки.

Торф – ценнейшее сырье, к запасам которого следует относиться рачительно, но энергетический потенциал торфа невелик. Из торфа экономически целесообразней получать торфоминеральные удобрения, активированный уголь, кормовые добавки и т. д.

Бурые угли не добываются в месторождениях Беларуси, поскольку на нынешнем этапе это нерентабельно.

Попутный газ имеет лишь местное значение, т. к. его приходится сжигать вблизи от места добычи нефти и из-за малого количества его не хранят.

Основным источником местных топливно-энергетических ресурсов (МТЭР) Республики Беларусь являются дрова, щепа топливная и отходы деревообработки. Доля их в балансе возобновляемых источников энергии составляет 90 %.

Для обеспечения энергетической безопасности Республики Беларусь необходимо продолжить наращивание объемов заготовки древесного топлива и его использования в энергетических целях.

Однако с учетом специфики использования древесного топлива, т. е. потребляющие его энергоустановки должны находиться вблизи от сырьевых баз, чтобы уменьшить транспортно-заготовительную составляющую себестоимости, предусматривается к 2025 году увеличить объем использования древесного топлива на 500 тыс. т у. т., что эквивалентно 435 млн м³ импортируемого природного газа. В результате объем древесного топлива будет доведен до уровня 8 млн м³ в год, что позволит заместить древесным топливом около 13 % импортируемого природного газа.

Исходя из интересов страны в ближайшие годы актуальную задачу снижения энергоёмкости продукции наименее затратно следует решать путем качественного повышения эффективности использования природного газа.

Одним из резервов снижения потребления импортируемых первичных энергоресурсов является повышение эффективности теплотехнологий. В Беларуси доминируют энергоёмкие теплотехнологии (изготовление цемента, стекла, химических волокон, нефтепереработка и прочие), которые сопровождаются выходом различных побочных потоков, называемых вторичными энергоресурсами (ВЭР).

Однако в настоящее время низкпотенциальные тепловые ВЭР не используются. И это наследие прошлого, когда цена энергоресурсов была низкой и не было необходимости использовать эти низкотемпературные энергоресурсы. Следствием этого явилось отсутствие производства соответствующего оборудования для использования этих ВЭР и подготовки квалифицированных кадров для разработки и эксплуатации оборудования по использованию низкотемпературных ВЭР, имеющих температуру до +50 °С и не востребованных промышленностью.

Изменить ситуацию могут тепловые насосные установки (ТНУ). В случае их применения следует ожидать качественных изменений в системах теплоснабжения, сопоставимых с теми, что достигнуты переходом к теплофикационному производству энергопотоков. Наиболее пригодны для этого абсорбционные бромисто-литиевые тепловые насосы (АБТН), что убедительно показано, например, в [1, 2].

Известно, что в системах теплоснабжения наиболее распространены отопительные и производственно-отопительные котельные. Для повышения энергоэффективности котельных практикуется охлаждение уходящих газов с помощью контактных теплообменников, в результате чего получается поток теплоносителя с температурой +30 °С. Дальнейшее достижение ещё большего энергосберегающего эффекта за счет утилизации этих низкотемпературных тепловых ВЭР может быть обеспечено с помощью абсорбционных бромисто-литиевых тепловых насосов (АБТН), которые могут поднять температуру теплового потока до +85 °С. При этом снижение расхода топлива на котельных составит 15 % при сохранении отпускаемого количества теплоты.

Другими теплогенерирующими источниками являются ТЭЦ, на которых следует использовать сбросные потоки систем оборотного водоснабжения сопряженных промышленных предприятий.

Примеров подобного успешного использования промышленных низкотемпературных тепловых ВЭР в мире достаточно. Следовательно, в Беларуси сложились объективные условия для того, чтобы внедрять опыт передовых стран мира по повышению эффективности использования природного газа. Следует перейти к качественно новому этапу энергосбережения, двигаясь по пути объединения возможностей энергетических и промышленных производств, не боясь существенно увеличить импорт природного газа. Энергосберегающий потенциал всех ТЭЦ энергосистемы и сопряженных с ними предприятий в 087 млрд м³/год, что составляет 4,5 % от существующего потребления природного газа в стране.

Подводя итог, следует констатировать, что утилизацию низкотемпературных ВЭР наиболее целесообразно осуществлять на базе абсорбционных бромисто-литиевых тепловых насосов.

Применение АБТН позволит обеспечить:

– снижение потребления топлива на 15 % при сохранении генерируемой тепловой энергии за счет улучшения термодинамических параметров котельной (охлаждение уходящих дымовых газов до +30 °С);

– экономию до 40 % на теплотехнических промышленных предприятиях в системе их теплоснабжения и непосредственно в теплотехнологиях.

Список литературы

1 Малащенко, М. П. Повышение энергетической эффективности и снижение энергетической составляющей себестоимости продукции теплоэнергетических и теплотехнических производств в современных условиях / М. П. Малащенко, В. Н. Романюк, А. А. Бобич // Энергоэффективность. – 2019. – № 8. – С. 8–15.

2 Романюк, В. Н. Время применения абсорбционных бромисто-литиевых тепловых насосов на ТЭЦ Беларуси / В. Н. Романюк, А. А. Бобич // Энергия и Менеджмент. – 2017. – № 2. – С. 2–5.

УДК 625.331

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

М. А. МАСЛОВСКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

На электрифицированные линии приходится доля общего объема железнодорожных перевозок страны больше, чем их удельный вес в протяженности сети. На электрифицированных линиях достигаются преимущества, которые даёт электрическая тяга: меньшая себестоимость перевозок, экономия топливно-энергетических ресурсов, уменьшение вредного воздействия на окружающую среду. Эти показатели различны для разных стран, во многом они зависят от конкретных составляющих себестоимости перевозок, но то, что промышленно развитые страны мира в разное время стали на путь электрификации железных дорог, осуществляя её разными темпами, говорит о положительной, а в некоторых странах и приоритетной тенденции в применении электрической тяги.

Согласно государственной программе развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 годы планируется внедрение на Белорусской железной дороге ряда инвестиционных проектов, в том числе электрификация железнодорожных участков, развитие систем автоматики, телемеханики и связи, приобретение тягового и моторвагонного подвижного состава, вагонов грузового и пассажирского парков. Финансирование предусматривается за счет собственных средств Белорусской железной дороги, заемных средств и средств всемирного банка [1].

Выполнение государственной программы обеспечит к 2020 году по отношению к 2015-му увеличение объемов перевозок грузов и пассажиров, снижение потребления условного топлива на тягу поездов после электрификации железнодорожных участков и перевода движения поездов на электровозную тягу, увеличение объема перевозок экспортных грузов, уменьшение энергоемкости на выполнение перевозок грузов и пассажиров на железнодорожном транспорте.

С учетом прогнозов по структуре и объемам перевозок наиболее грузонапряженными до 2020 года останутся участки Витебск – Полоцк, Полоцк – Бигосово и Барановичи – Лунинец – Ситница. Анализ показывает: среди неэлектрифицированных участков, которые наиболее влияют на конку-

рентоспособность Белорусской железной дороги и повышение ее транзитной привлекательности, – участки направления Витебск – Полоцк – Бигосово. Как отметил начальник Белорусской железной дороги, к 2030 году должны быть электрифицированы основные грузонапряженные участки, чтобы максимально использовать экономическую эффективность электровозной тяги. Приоритетом для развития дороги является повышение скоростей движения поездов. Уже сегодня на отдельных участках маршрута Минск – Брест электропоезда движутся со скоростью 160 км/ч, на некоторых перегонах между Минском и Гомелем – 140 км/ч.

Электрификация участков Полоцк – Бигосово и Витебск – Полоцк зависит от электрификации латвийской стороной участка Даугавпилс – госграница с Беларусью, а также электрификации участка Рудня – Смоленск Российской Федерацией. Направление Витебск – Полоцк – Бигосово весьма значимо для создания Белорусской магистралью благоприятных условий сотрудничества, повышения конкурентоспособности и привлечения транзитного грузопотока. На направлении Орша – Витебск – Полоцк – Бигосово достигается наибольшая эффективность от капитальных вложений, что нужно учитывать при выработке стратегических долгосрочных решений. Необходима информация от железнодорожных администраций России, Латвии, Украины по прогнозам объемов и структуре перевозок, а также о решении электрификации приграничных с Беларусью участков. В период с 2016 по 2020 год основная часть финансирования направлена на развитие железнодорожной инфраструктуры. В числе приоритетных целей новой госпрограммы – развитие инфраструктуры железнодорожного транспорта, внедрение гибких технологий перевозочного процесса, которые бы обеспечивали повышение производительности труда и конкурентоспособность организаций железнодорожного транспорта [2].

Электрификация участков Белорусской железной дороги способствует экономии условного топлива на тягу поездов, уменьшению количества тяговых плеч, локомотивов и локомотивных бригад, что в итоге сокращает эксплуатационные расходы. Электрификация железной дороги не только повышает ее пропускную и провозную способность, но и увеличивает производительность труда, она в несколько раз дешевле, чем строительство двухпутных вставок [3].

Одним из критериев оценки эффективности электрификации участков железной дороги и выбора ее наиболее оптимальной последовательности реализации является изменение эксплуатационных расходов, т. е. сопоставление их величины по рассматриваемым участкам при существующей инфраструктуре и при электрификации. Эксплуатационные расходы на электрифицируемых участках железной дороги дополнительно включают в себя: стоимость расходуемой электроэнергии; расходы по ремонту и реновации подвижного состава; по содержанию локомотивных бригад; расходы на устройство и содержание тяговых подстанций, контактной сети; расходы на устройства электроснабжения, связи и СЦБ.

Расчёт эксплуатационных расходов выполняется в соответствии с отраслевыми особенностями формирования затрат и себестоимости работ на железнодорожном транспорте. Эксплуатационные расходы на грузовые и пассажирские перевозки на электрифицируемых участках определяются методом расходных ставок, суть которого заключается в следующем: расходы, зависящие от работы подвижного состава, разбиваются на части по своему назначению, причём каждая такая часть зависит от какого-либо конкретного измерителя работы; устанавливается расходная ставка на каждый измеритель работы, которая показывает расходы, зависящие от этого измерителя; для конкретных условий рассчитывается количество измерителей работы каждого вида; умножением расходной ставки на соответствующее число измерителей работы получается величина расходов, зависящих от этого измерителя; суммированием всех расходов, зависящих от измерителей, определяется величина эксплуатационных расходов [3].

Расчёт суммарных дисконтированных расходов производится по известной методике, приведенной в [3] при ценах на топливно-энергетические ресурсы: дизельное топливо – 1,34; 1,53 и 1,68 руб./кг; электроэнергия – 0,24; 0,22; 0,20 руб./кВт·ч.

Построив графики зависимостей суммарных дисконтированных расходов от грузонапряженности при тепловозной и электрической тяге, определяют грузонапряженность, соответствующая переходу к электрической тяге, полученная точкой пересечения графиков. Так как цены на дизельное топливо и электроэнергию колеблются в широких пределах, то возникает зона равноэкономических решений т. е. интервал грузонапряженности в котором суммарные дисконтированные расходы при тепловозной и электрической тяге различаются не значительно. В результате выполнения расчетов для грузонапряженных участков Белорусской железной дороги, таких как Витебск – Полоцк, Полоцк – Бигосово, Орша – Витебск, Барановичи – Лунинец, Лунинец – Калинковичи и других, установлена зона равноэкономических решений, $\Gamma = 15...20$ млн ткм на км в год.

При пуске в эксплуатацию Белорусской АЭС и снижении цен на электроэнергию интервал грузонапряженности сместится в меньшую сторону.

Таким образом, электрификация Белорусской железной дороги является существенным ресурсосберегающим мероприятием.

Список литературы

1 Государственная программа развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 годы : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь № 345 от 28.04.2016.

2 Белорусская железная дорога [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа : [http://www/rw/by](http://www/rw.by). – Дата доступа : 10.08.19.

3 Турбин, И. В. Изыскания и проектирование железных дорог : учеб. для вузов / И. В. Турбин. – М. : Транспорт, 1989. – 479 с.

УДК 678.06:62-762

СОСТАВЫ И ТЕХНОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ШАРОВЫХ КРАНОВ

В. В. МИКЕЛЕВИЧ, В. Г. СОРОКИН, Т. Н. ПЫЖИК, А. В. МЕДВЕДЬ

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь

Введение. Одной из наиболее значимых задач для трубопроводной арматуры является перекрытие потока транспортируемой жидкой или газообразной среды. Эта задача является актуальной как для бытовых потребителей, так и для крупных промышленных предприятий. Решается она путем установки на трубопровод специальной трубопроводной арматуры, служащей для перекрытия потока [1–3].

Шаровые краны – решение задачи перекрытия потока.

Цель настоящего исследования – разработать состав композиционного материала на основе термоэластопласта с полимерными компонентами и технологию, технологическую оснастку для переработки его в уплотнительные кольца для шаровых кранов.

Материалы, методика и техника эксперимента. В кранах шарового типа герметичность соединения запорного органа и корпуса обеспечивается уплотнительными кольцами. Тип материала колец, их механические и химические свойства играют большую роль при выборе области применения и конструкции данного вида запорной арматуры.

В связи с этим в зависимости от условий эксплуатации применяют различные уплотнительные материалы. Наиболее распространены металлические уплотнения из алюминия, бронзы, латуни [1].

Как наиболее прогрессивный материал для герметизирующих уплотнений шаровых кранов можно выделить политетрафторэтилен (тефлон) [2]. Он доминирует над остальными материалами, т. к. в чистом виде может выдерживать, сохраняя прочностные свойства, повышение температуры до 230 °С.

Есть, правда, один недостаток – текучесть даже при сравнительно небольших нагрузках. Седельные кольца шаровых кранов в сборе, выполненные из фторопласта, находятся в напряженно-деформированном состоянии, а этот материал имеет свойство при таком состоянии «течь», что приводит через определенное время к нарушению герметичности и потере работоспособности запирающего устройства.

Для исследований использовали материалы на основе ТПУ (термопластичный полиуретан) с добавлением в различном процентном содержании СФД (сополимер формальдегида) и АБС-пластика (акрилбутадиенстирол). Цель применения компонентов в виде добавок СФД и АБС-пластика – повышение эксплуатационных характеристик уплотняющего элемента, а также повышение ресурса его работы. Образцы для испытаний были изготовлены методом литья под давлением на термопластавтомате ДЕ 3130. Перед изготовлением образцов из композитов гранулы различных материалов в определенном процентном соотношении смешивали термомеханическим способом.

Для компьютерного моделирования механических, физических и даже химических процессов выбран программный продукт SolidWorks Simulation. Система автоматизированного проектирования SolidWorks является интегрированной средой трехмерного параметрического моделирования, использующей традиционный интерфейс операционных систем семейства Windows Microsoft [3].

Результаты. Смоделированная эпюра деформации для ТПУ с содержанием 30 мас. % СФД показывает, что под действием нагрузки уплотнительное седло из этого композиционного материала имеет наибольшее напряжение на внутренней поверхности кольца, но особого изменения геометрии поверхности при стандартной нагрузке не наблюдается. Это говорит о том, что данный материал по модельному представлению пригоден для эксплуатации в виде уплотнительного кольца шарового крана.

Смоделированы эпюры для композиционных материалов ТПУ с добавлением 10 мас. % СФД и ТПУ с добавлением 20 мас. % СФД. По результатам модельных испытаний можно сделать вывод, что уплотнительный элемент из ТПУ с содержанием СФД 30 мас. % имеет оптимальные показатели по упругости, прочности и пределу текучести для применения в шаровых кранах по сравнению с остальными образцами. Поэтому уплотнительный элемент из этого композиционного материала обеспечит более надежную герметизацию и работоспособность запирающего устройства.

В условиях УП «Цветлит» разработана и изготовлена технологическая оснастка для уплотнительных элементов шаровых кранов.

Образцы для испытаний были изготовлены методом литья под давлением на термопластавтомате ДЕ 3130. Перед изготовлением образцов из композитов гранулы различных материалов в определенном процентном соотношении смешивали термомеханическим способом.

Деформационно-прочностные испытания (на прочность, твердость, эластичность) изготовленных образцов проводили с использованием комплекса ИПМ-1К, которая предназначена для сравнительного анализа физико-механических свойств эластомерных материалов. Испытания физико-механических свойств образцов проводились по четыре раза на каждый, и затем устанавливали среднее значение каждого из параметров.

Таким образом, деформационно-прочностные испытания показали, что образцы из ТПУ с содержанием 30 мас. % СФД имеют более высокие результаты, что подтверждает результаты модельных испытаний.

Проведены испытания на герметичность. Испытания на герметичность с уплотнениями из различных композиционных материалов проводили с использованием шаровых кранов в собранном виде. В результате испытаний на герметичность было установлено, что шаровые краны с уплотнениями из ТПУ с добавлением СФД 10 мас. %, 20 мас. %, 30 мас. %, в неполной сборке герметичны по затвору, а без наличия герметика в соединении «корпус – крышка» и без опорной шайбы дают небольшую течь на 30-секундной проверке. Однако в полной сборке, со всеми составляющими компонентами, шаровые краны герметичны.

Проведен анализ испытаний на цикличность базовых уплотнений из фторопласта и уплотнений композиции ТПУ с содержанием СФД 30 мас. % при кратности 10000 раз, который показал, что предлагаемые уплотнения из этого состава имеют отказов на 10 % меньше, т. е. их износостойкость и надежность выше.

По результатам проведенных исследований и экономической целесообразности предложено технологическое решение – использовать для изготовления уплотнительных элементов шаровых кранов термопластичный полиуретан с добавлением 30 мас. % СФД.

Результаты исследований вызвали заинтересованность у технического персонала и руководства завода УП «Цветлит» и будут выступать как один из возможных вариантов разработки новых композиционных материалов для уплотняющих элементов шаровых кранов.

Заключение. В исследовании разработаны составы, оптимизирующие герметичность и эксплуатационные характеристики уплотнений для шаровых кранов. Выполнены модельные испытания напряженно-деформированного состояния уплотнений в среде Solid Works для анализа напряжений, возникающих на всех внешних и внутренних поверхностях уплотнений. Проведены деформационно-прочностные испытания уплотнений на прочность, твердость, эластичность, подтвердившие результаты модельных испытаний. Разработаны технологическая оснастка и технология изготовления уплотнений шаровых кранов.

Список литературы

5 Краны шаровые муфтовые, краны шаровые фланцевые // Водоснабжение и канализация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.proektant.by/content/3206.html>. – Дата доступа : 19.09.2019.

6 Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология : учеб. пособие / М. Л. Карбер [и др.] : под ред. А. А. Берлина. – СПб. : Профессия, 2008. – 560 с.

7 Норенков, И. П. Информационная поддержка наукоемких изделий (CALS-технологии) / И. П. Норенков, П. К. Кузьмик. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 217 с.

СОБСТВЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ГЕНЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

С. Н. НАУМЕНКО

*АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (ВНИИЖТ),
г. Москва, Российская Федерация*

*Б. Н. МИНАЕВ, Г. Б. ГУСЕВ, Т. И. НАБАТЧИКОВА, А. Е. КАЗАНЦЕВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

Основным условием бесперебойной работы предприятия любой отрасли промышленности является его своевременное снабжение тепловой и электрической энергией. Энергетическая безопасность работы железнодорожного транспорта неразрывно связана с наличием необходимого количества энергии по оптимальной для данного потребителя цене.

К числу приоритетных направлений реализации Энергетической стратегии ОАО «РЖД» относятся:

- полное и надежное энергетическое обеспечение перевозочного процесса, снижение рисков при кризисных ситуациях в энергообеспечении железнодорожного транспорта;
- внедрение собственных генерирующих установок и использование сторонними организациями электрических сетей железных дорог России для транзита электрической энергии (мощности);
- усиление работы с электросетевыми компаниями по синхронизации действий в части обеспечения надежности энергоснабжения железных дорог, в том числе при возникновении чрезвычайных и аварийных ситуаций.

При этом следует отметить, что непрерывно возрастает стоимость энергии для нужд железнодорожного транспорта, получаемой от сторонних источников. За последние десять лет стоимость 1 кВт·ч электрической энергии для тяги поездов и на нетяговые нужды на железных дорогах России возросла в несколько раз. Также возросла стоимость 1 Гкал тепловой энергии, полученной от сторонних энергоисточников. Кроме того, по различным данным, к настоящему времени изношенность оборудования в электроэнергетике страны составляет не менее 50 %.

В этих условиях своевременной и жизненно необходимой для ОАО «РЖД» становится реализация давно обсуждаемого решения о создании собственных источников энергии, к числу которых можно отнести газотурбинные и паротурбинные электростанции, дизель-генераторные установки (ДГУ) и газопоршневые установки (ГПУ).

Каждый из этих источников энергии имеет свою область применения, границы которой должны быть в достаточной мере определены в зависимости от географического расположения потребителя, наличия и возможности доставки топлива, близости централизованных источников энергоснабжения и т. д.

Одним из вариантов наиболее эффективного решения указанной проблемы является строительство собственных электростанций с когенерационным циклом получения энергии. Это позволит существенно снизить себестоимость единицы электрической и тепловой энергии, получаемой потребителями.

В процессе выбора собственного источника генерации энергии должны быть решены следующие задачи:

- 1) проведение структурного, количественного и качественного анализа тепловых, а также электрических нагрузок объектов железнодорожного транспорта;
- 2) выявление регионов, в которых отсутствуют необходимые резервы мощности системы внешнего энергоснабжения с учетом рейтинга рисков и угроз перевозочному процессу;
- 3) определение видов топлива и возможности топливоснабжения энергодефицитных регионов России с целью выбора типа собственных для железнодорожного транспорта источников энергии;
- 4) проведение сравнения преимуществ и недостатков, а также определение возможности использования в качестве собственных источников генерации тепловой и электрической энергии для

объектов железнодорожного транспорта газотурбинных, паротурбинных, газопоршневых и дизель-генераторных установок;

5) составление перечня вариантов схем энергоснабжения с учетом региональных условий топливо- и водоснабжения, структуры и мощности энергоснабжения, структуры и мощности энергопотребления, наличия сторонних потребителей энергии и системы первичного электроснабжения;

6) расчет эффективности соответствующей схемы энергоснабжения в зависимости от соотношения электрических и тепловых нагрузок, вида топлива, а также взаимодействия с системой первичного электроснабжения;

7) разработка рекомендаций по выбору принципиальной схемы энергоснабжения электрических и тепловых потребителей железнодорожного транспорта с учетом потребления энергии сторонними организациями.

Использование в качестве собственных источников тепловой и электрической энергии газотурбинных, паротурбинных, газопоршневых и дизель-генераторных установок имеет как свои преимущества, так и недостатки. Например, для работы газопоршневой установки (ГПУ) требуется:

- стабильный источник газоснабжения (газовое месторождение или газовая магистраль);
- бесперебойное маслоснабжение, поскольку в ГПУ (в среднем) на выработку 1 кВт·ч электроэнергии затрачивается 0,2 г масла.

В связи с этим одним из основных недостатков ГПУ является большое количество вредных веществ в выхлопе. К преимуществам ГПУ относится то, что при правильной работе газопоршневая установка имеет пропорцию между двумя видами генерируемой энергии (электрической и тепловой) примерно 1:1. Коэффициент полезного действия по выработке электрической энергии ГПУ достигает 40 %.

Использование в качестве собственного источника энергоснабжения дизель-генераторных установок требует выполнения определенных условий, таких как:

- достаточно свободная и постоянная доставка топлива для дизель-генераторной установки (для железнодорожных потребителей это легко выполнимо);
- правильный подбор мощности агрегатов на станциях энергоснабжения для того, чтобы они всегда могли работать в оптимальном режиме.

При этом дизель-генераторные установки, как правило, применяются только для выработки электрической энергии. Для получения тепловой энергии при использовании этого источника энергоснабжения требуется использование дополнительного.

Следует отметить, что для использования ГТУ в качестве источника энергоснабжения также требуется бесперебойный источник газоснабжения. При этом возможно применение газовых турбин в различных схемах, позволяющих обеспечить электрической и тепловой энергией потребителей. К числу таких схем следует отнести работу ГТУ:

- совместно с водогрейной котельной, где за счет теплоты выхлопных газов ГТУ в котле-утилизаторе осуществляется подогрев обратной сетевой воды;
- с подключением сторонних электрических и тепловых потребителей, а также тяговой электрической нагрузки при параллельной работе ГТУ ТЭЦ с системой первичного энергоснабжения (СПЭ);
- в парогазовом цикле;
- без параллельной работы с СПЭ и т. п.

Наличие собственных источников генерации энергии достаточной мощности позволит обеспечить надёжное резервирование энергоснабжения электрических и тепловых потребителей железнодорожного транспорта с учетом энергопотребления сторонними организациями. Кроме того, в настоящее время автоматика и приводы оборудования как котельных, так тепловых станций работают, в основном, за счет подачи электрической энергии. Поэтому любое нарушение электроснабжения может привести к аварийной ситуации в системе теплоснабжения потребителей.

По проведенным предварительным расчетам, ожидаемый годовой экономический эффект от использования собственного источника генерации тепловой и электрической энергии с когенерационным циклом составит, в зависимости от стоимости топлива на год внедрения, не менее двадцати процентов на 1 кВт·ч выработанной энергии. При этом надёжность энергоснабжения у потребителя возрастает в 2 раза.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКОМОТИВОВ*В. М. ОВЧИННИКОВ**Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Энергетическая безопасность государства тесно связана с его экономической безопасностью, а значит, с политической безопасностью, т. е. независимостью государства. Поэтому инженерам страны, которая обладает сравнительно небольшими топливно-энергетическими ресурсами, необходимо направить свои усилия на повышение энергоэффективности потребляющего оборудования и разработку энергосберегающих мероприятий. Вместе с этим при широком использовании наиболее удобного и дешевого углеводородного сырья в экономике практически всех стран в мире наблюдаются глобальные угрозы изменения климата. В результате ООН было принято решение о проведении международных переговоров (в 2015 году в Париже), в соответствии с которым каждая страна внесет посильный вклад в снижение антропогенного воздействия на климат. Указанное решение вступает в силу в 2020 году.

Рассмотрим технические меры, направленные на сокращение энергопотребления в транспортном секторе. Наиболее энергоэффективным является железнодорожный транспорт. В пересчёте на пассажиро-километры пассажирский железнодорожный транспорт к 2050 году будет потреблять на 28 % меньше энергии, чем легковые автомобили, и на 83 % меньше, чем авиационный транспорт [1]. Следовательно, отказ от использования автомобильного транспорта в пользу железнодорожного имеет высокий потенциал в части энергосбережения в государстве.

Расчеты энергопотребления разными грузовыми видами транспорта с учетом пропускной способности и эффективности в пересчёте на тонно-километр показывают, что железнодорожный транспорт также наименее энергозатратный по сравнению с речным судоходством и грузовым автотранспортом. В 2050 году железнодорожный грузовой транспорт будет потреблять на 80–90 % меньше энергии на 1 т·км, чем наиболее эффективные крупнотоннажные грузовые автомобили [1]. Это означает, что переход от использования автомобильного транспорта к железнодорожному имеет высокий потенциал в области энергоэффективности.

Главным элементом железнодорожной инфраструктуры, определяющим её эксплуатационные показатели, является локомотив-тепловоз или электровоз.

Снижения энергопотребления локомотивом можно достичь путем перехода от использования тепловозов (дизельных локомотивов) к использованию более энергоэффективных электровозов. Это объясняется следующим.

Во-первых, средняя величина КПД тепловых электростанций выше, чем среднее значение КПД дизель-генераторной электростанции, установленной на самом тепловозе.

Во-вторых, тепловые электростанции в основном работают на природном газе в отличие от тепловоза, работающего на дизельном топливе. Это приводит к большей энергоэффективности котлоагрегата ТЭС, работающего на номинальной нагрузке по сравнению с дизель-генератором тепловоза, работающего в основном на частичных нагрузках. Всё это также приводит к меньшему загрязнению окружающей среды при электрической тяге.

В-третьих, тепловая электростанция может работать на местных видах топлива (древесная щепа, пеллеты, торфяные брикеты и др.), а не на импортном углеводородном топливе (природном газе или мазуте).

В-четвертых, электроэнергия может вырабатываться на Белорусской АЭС и поставляться в контактную сеть электрифицированной железной дороги.

В-пятых, электрический ток можно получить с помощью таких возобновляемых источников, как ветер и солнце, что поощряется государством, и подать его в общую энергосистему.

В-шестых, устройство электровоза гораздо проще в сравнении с тепловозом. Следовательно, количество возможных отказов при эксплуатации электровоза меньше по сравнению с тепловозом. Значит, безопасность движения на электрифицированной железной дороге выше. Ремонтные затраты у электровоза также меньше.

Наконец, в-седьмых, полученная при рекуперативном торможении энергия может сразу возвращаться в электросеть при эксплуатации электровозов либо аккумулироваться на борту тепловозов в аккумуляторах. Понятно, что в первом случае это проще и надежнее.

Энергосбережение в локомотивном хозяйстве осуществляется по двум принципиально важным и самостоятельным направлениям:

- уменьшение расхода энергии (электрической или дизельного топлива) на тягу поездов;
- экономия топливно-энергетических ресурсов при ремонте и техническом обслуживании локомотивов.

Первое направление связано с устройством самого локомотива, качеством ремонта и технического обслуживания, поддержанием исправного состояния приборов учета энергоресурсов (электроэнергии или топлива), а также автоведения поезда.

Второе направление предусматривает повышение топливно-энергетической эффективности ремонтного производства за счёт снижения прямых удельных затрат на выпуск локомотива после соответствующего ремонта, уменьшение доли вспомогательных производственных затрат, затрат на транспортирование материалов и комплектующих, сокращение непроизводительного расхода ТЭР, связанного с нарушениями технологической дисциплины, с устранением последствий брака в работе, логистическими потерями и т. д.

В действительности снижение уровня непроизводительных затрат является первоочередной задачей повышения энергетической эффективности ремонта и техобслуживания локомотивов.

Экономически целесообразно уменьшать затраты энергии в наиболее энергоёмких процессах ремонта и техническом обслуживании локомотивов.

Основными энергоёмкими технологическими процессами при техническом обслуживании и ремонте локомотивов являются:

- сушка песка, заправка смазкой, освещение смотровых канав при ТО и экипировке;
- сушка изоляции электрических машин, реостатные испытания, обточка колесных пар под локомотивом, проверка и обслуживание тормозной системы и оборудования, подшипниковых узлов и зубчатых передач при ремонтах ТР-1 и ТР-2;
- очистка локомотива и его оборудования перед ремонтом, демонтаж и установка оборудования, разборка, сборка, ремонт колесно-моторных блоков, электромашин, колесных пар, поршневых компрессоров, восстановление оборудования сваркой и наплавкой, очистка от старой краски, окраска, сушка кузовов, изготовление деталей, испытания и обработка – при ремонтах ТР-3 и КР.

Своевременное качественное техническое обслуживание и ремонт локомотива являются залогом надежной эксплуатации подвижного состава и эффективного его использования.

Список литературы

1 Энергетическая [р]еволюция: перспективы устойчивого развития энергетического сектора Беларуси / С. Симон [и др.] / под ред. Ю. Огаренко // Фонд им. Г. Белля. – Минск : Плутос, 2018. – 124 с.

УДК 51-7

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

Т. В. ПОТУРАЕВА

Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, Российская Федерация

Посредством регрессионных моделей сопоставлен ряд экологических факторов, влияющих на динамику численности населения. Для исследования выбраны две области (Орловская и Липецкая), различные по социально-экономическим параметрам.

В работе используется методика анализа динамики численности населения как функции факторов, потенциально воздействующих на здоровье населения, а именно:

- количество автотранспорта – z_1 , тыс.;
- объем выбросов в атмосферу – z_2 , млн т;
- площадь лесов – z_3 , тыс. га;
- объем сброса сточных вод – z_4 , млрд м³.

На основании статистических данных Федеральной службы государственной статистики (таблицы 1, 2) составлены поля корреляции объясняющих и объясняемых факторов. На каждом графике показаны средствами ППП Excel линии тренда и полиномиальные функции $Z_i = Z_i(x)$ ($i = 1, 2, \dots, 6$) и $Y_j = Y_j(x)$ ($j = 1, 2, \dots, 18$), где x – номер года, если 2000 год считать первым ($x = 1$), причем x изменяется от 1 до 18 (рисунок 1).

Таблица 1 – Данные по Орловской области

Фактор	Y_0	Z_{10}	Z_{20}	Z_{30}	Z_{40}
Численность населения Y_0	1	-	-	-	-
Автотранспорт Z_{10}	-0,9732	1	-	-	-
Выбросы в атмосферу стационарных источников Z_{20}	-0,5144	0,4762	1	-	-
Площадь леса Z_{30}	0,8207	-0,7614	-0,2989	1	-
Сток вод Z_{40}	0,9585	-0,8985	-0,4626	0,8554	1

Таблица 2 – Данные по Липецкой области

Фактор	Y_L	Z_{1L}	Z_{2L}	Z_{3L}	Z_{4L}
Численность населения Y_L	1	-	-	-	-
Автотранспорт Z_{1L}	0,9752	1	-	-	-
Выбросы в атмосферу стационарных источников Z_{2L}	0,8956	-0,9422	1	-	-
Площадь леса Z_{3L}	0,7472	-0,6726	0,6738	1	-
Сток вод Z_{4L}	0,9127	-0,9089	0,7896	0,6345	1

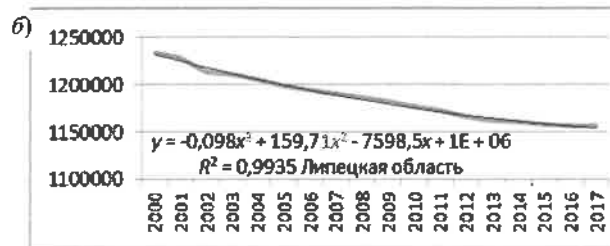
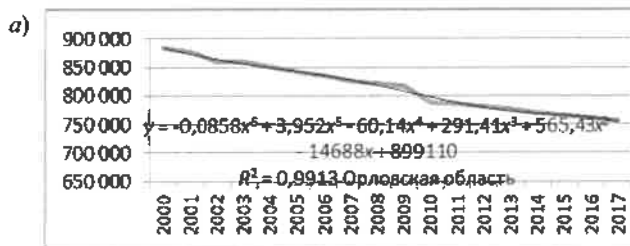


Рисунок 1 – Поля корреляций:
а – Орловская область; б – Липецкая область

Принимаем, что в регрессионную модель будут включены два фактора, связь которых с зависимой переменной наиболее сильная ($r_{Y_j} \geq 0,7; j = 1 \dots 4$).

Анализ матрицы парных коэффициентов корреляции из таблицы 2 показывает, что наиболее сильная связь с численностью населения в Орловской области у «автотранспорта» и «площади лесов», в Липецкой – у «выбросов в атмосферу стационарных источников» и «стока вод». При этом проанализированы связи между этими переменными для исключения мультиколлинеарности:

$$\hat{Y}_O = a_{10} + a_{20}Z_{10} + a_{30}Z_{10}; \quad (1.1)$$

$$\hat{Y}_L = a_{1L} + a_{2L}Z_{2L} + a_{3L}Z_{4L}, \quad (1.2)$$

где a_{1i}, a_{2i}, a_{3i} ($i = O, L$) – параметры двухфакторной регрессии, подлежащие оценке.

Оценку параметров a_{1i}, a_{2i}, a_{3i} ($i = O, L$) двухфакторной регрессии – коэффициентов уравнения – проведём методом наименьших квадратов. Непосредственное вычисление вектора оценок $\bar{a}_O = (a_1 \ a_2 \ a_3)^T$ и $\bar{a}_L = (a_1 \ a_2 \ a_3)^T$ параметров регрессии (1.1); (1.2):

$$\bar{a} = (Z^T Z)^{-1} Z^T Y, \quad (2)$$

где Z – матрица размерности 18×3 , содержащая вектор-столбцы Z, Z_1, Z_3 (в указанном порядке), Y – вектор-столбец значений объясняемого фактора. В результате получаем вектор \bar{a} со следующими координатами:

$$\bar{a}_O = (a_{10} \ a_{20} \ a_{30})^T = \begin{pmatrix} -124973316 \\ -0,27051596 \\ 619841,899 \end{pmatrix}; \quad (3.1)$$

$$\bar{a}_L = (a_{1L} \ a_{2L} \ a_{3L})^T = \begin{pmatrix} 971863 \\ 423,5846 \\ 558,0587 \end{pmatrix}. \quad (3.2)$$

Таким образом, уравнения регрессии (1.1), (1.2) принимают вид – Орловская область:

$$\hat{Y}_O = -124973316 - 0,27051596Z_{10} + 619841,899Z_{30}; \quad (4.1)$$

– Липецкая область

$$\hat{Y}_L = 971863 + 423,5846Z_{2Л} + 558,0587Z_{4Л}. \quad (4.2)$$

Проведённым статистическим анализом уравнений регрессии и проверкой значимости и качества уравнений и модели подтверждается наличие тесной связи между переменными Y (численности населения), Z_{10} (количество транспортных средств) и Z_{30} (площадь леса) по Орловской области и между переменными Y , $Z_{2Л}$ (выбросы в атмосферу) и $Z_{4Л}$ (сток вод) по Липецкой области.

Для того чтобы использовать построенную модель для прогнозирования, мы принимаем допущение о сохранении ранее существовавших взаимосвязей переменных в прогнозируемом периоде. Для прогнозирования зависимой переменной на несколько шагов вперед необходимо знать прогнозные значения всех факторов, участвующих в модели. Их оценки могут быть получены на основе моделей временных экстраполяций.

1 По Орловской области.

В качестве константы выбран коэффициент Z_{30} , т. е. $Z_{30}(18) = Z_{30}(19) = 203$. Для временной шкалы Z_{10} в качестве аппроксимирующей выбираем квадратичную функцию, по которой выполняется прогноз на два года вперед (2018 и 2019) (она соответствует наибольшему значению коэффициента детерминации $R^2 = 0,9679$); $Z_{10} = 722,96t^2 + 636,63t + 137903$; $Z_{10}(18) = 360682,7$; $Z_{10}(19) = 386795,6$.

Получим прогнозные оценки для переменной \hat{Y}_O «Численность населения»:

$$\hat{Y}_O = -124973316 - 0,27051596Z_{10} + 619841,899Z_{30}; \quad Y(18) = -7866x + 888642; \quad R^2 = 0,9821. \quad (5.1)$$

2 По Липецкой области.

Для временной шкалы $Z_{2Л}$ в качестве аппроксимирующей выбираем квадратичную функцию, по которой выполняется прогноз на два года вперед (2018 и 2019) (она соответствует наибольшему значению коэффициента детерминации $R^2 = 0,8766$); $Z_{2Л} = -0,0808t^2 - 3,2459t + 401,19$.

Получим прогнозные оценки для переменной \hat{Y}_L «Численность населения»:

$$\hat{Y}_L = 971863 + 423,5846Z_{2Л} + 558,0587Z_{4Л}; \quad Y = -4595,3x + 10^6; \quad R^2 = 0,9693. \quad (5.2)$$

Таким образом, построенная модель позволяет воспроизвести наблюдаемые тенденции изменения численности населения региона и сделать краткосрочный прогноз ожидаемых тенденций в изменении всех факторов и их численных значений.

Сравнивая данные двух областей, можно отметить, что в Орловской области фактором, влияющим на численность населения, является Z_1 «количество автомобилей». В Липецкой области наиболее значимыми по воздействию на объясняемый фактор Y «численность населения» являются объясняющие факторы Z_2 «выбросы в атмосферу от стационарных источников» и Z_4 «сток вод». Это может быть связано с более развитым промышленным потенциалом Липецкой области по сравнению с Орловской.

УДК 504.06:599.363

О ВЛИЯНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ РЕДКИХ И МАЛОИЗУЧЕННЫХ ВИДОВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ БЕЛАРУСИ (НА ПРИМЕРЕ *NEOMYS ANOMALUS CABRERA, 1907*)

А. А. САВАРИН

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь

Среди экологов широко распространено мнение о несовместимости дорожной сети с обитанием редких и малоизученных видов микротериофауны. Такая точка зрения основана на традиционном негативном восприятии техногенных систем, элементом которых являются и автомобильные дороги. Не отрицая комплексного воздействия автомобильных дорог и транспорта на различные аспекты жизнедеятельности животных, следует указать на усиление адаптаций в их локальных популяциях.

Интересным примером в этом плане являются последние находки куторы малой (*Neomys anomalus Cabrera, 1907*) (рисунок 1, а), вида, занесенного в приложение Красной книги Республики Беларусь (2015) со статусом «недостаточно данных» (DD) [1].

а)



б)



Рисунок 1 – Внешний вид куторы малой (а) и место ее поймок (б, указано) в Ушачском районе Витебской области

В XX в. особи этой землеройки в единичных экземплярах были пойманы в Беловежской пуще, Березинском биосферном заповеднике и Речицком районе Гомельской области. Поэтому не удивительно, что зоологи Беларуси предполагают обитание этого зверька в основном на особо охраняемых природных территориях.

Однако в ходе полевых исследований 2018–2019 гг. [2] нами доказано обитание этого водного и околководного зверька в Ушачском районе Витебской области (рисунок 1, б) на берегу оз. Борковщина и протоке, соединяющей его с оз. Должина.

Вдоль оз. Борковщина проходит дорога республиканского значения Р-116 (Ушачи – Лепель) с интенсивным движением транспорта, в том числе и тяжелой сельскохозяйственной техникой. В нескольких сотнях метров от озер расположены д. Вашково и санаторий «Лесные озера». Кроме транспортного движения на шумовое загрязнение территории оказывают значительное воздействие вечерне-ночные увеселительные мероприятия санатория, а также неорганизованных туристов, отдыхающих на берегу оз. Должина.



Рисунок 2 – Железобетонная труба под дорогой Р-116 вблизи д. Вашково (Ушачский район)

Зверьки перемещаются из оз. Борковщина через протоку в оз. Должина и назад. Протока берет начало от железобетонной трубы, проложенной под дорогой Р-116 (рисунок 2).

Уместно заметить, что в 2015 г. кутора малая была отловлена у иловых площадок станции очистки сточных вод г. Береза (Брестская область) [3]. На станции осуществляются все технологические процессы очистки (удаление грубодисперсных примесей на решетках, осаждение веществ в

песколовках и отстойниках, очистка воды в аэротенках и др.), сопровождающиеся повышенной шумностью.

Таким образом, кутора малая в настоящее время обитает и на территориях, на которых ведется различная хозяйственная деятельность и которые подвергаются значительному шумовому загрязнению. В настоящее время шумовое загрязнение (в т. ч. и от автотранспорта) не является лимитирующим фактором в расселении *N. anomalus* на территории Беларуси. Приведенный факт подтверждает, что функционирование дорог при использовании сооружений, обеспечивающих перемещение животных через опасные участки, может сочетаться с обитанием редких и малоизученных видов мелких млекопитающих.

Список литературы

1 Красная книга Республики Беларусь: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных. – Минск : Беларуская Энцыклапедыя імя П. Броўкі, 2015. – С. 315.

2 Саварин, А.А. О распространении и экологии куторы малой (*Neomys anomalus* Cabrera, 1907) в Беларуси / А. А. Саварин // Экологічні науки. – 2019. – № 1(24). Т. 2. – С. 122–125. DOI: 10.32846/2306-9716-2019-1-24-2-24.

3 Саварин, А. А. О находке куторы малой (*Neomys anomalus*) на территории станции по очистке сточных вод г. Береза (Брестская область) / А. А. Саварин, А. Н. Молош // Вісник Одеського національного університету. Біологія. – 2017. – № 1 (40). Т. 22. – С. 71–77. DOI: 10.18524/2077-1746.2017.1(40).105177.

УДК 697.911

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

Г. М. СТОЯКИН

ООО «Проектное бюро АПЕКС», г. Москва, Российская Федерация

А. В. КОСТИН

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

С. Н. НАУМЕНКО

АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (ВНИИЖТ), г. Москва, Российская Федерация

Постоянное увеличение стоимости электроэнергии и энергоносителей, возрастающие требования к экологической безопасности инженерных систем, а также повышающиеся требования к обеспечению комфортных условий перевозки пассажиров приводят к необходимости поиска путей экономии энергии в системах кондиционирования воздуха (СКВ) пассажирских вагонов.

При этом необходимо учитывать специфику эксплуатации климатических систем пассажирского железнодорожного транспорта: широкий диапазон температур наружного воздуха (от -40 до $+40$ °С), необходимость защиты от проникновения железнодорожной пыли в вагон (содержание пыли может достигать более 100 мг/м^3 [3]), ограничение массогабаритных параметров установок и прочее.

Для уменьшения содержания пыли в атмосфере пассажирских вагонов подаваемый в салон наружный воздух проходит предварительную обработку в фильтрах различной конструкции. Дополнительно для борьбы с попаданием пыли через неплотности ограждающих конструкций кузова в пассажирских вагонах локомотивной тяги поддерживается незначительное избыточное давление воздуха (подпор) на уровне 15 Па, обеспечиваемое совместной работой приточной (приточно-рециркуляционной) механической и естественной вытяжной вентиляции. Аналогичное решение для защиты от проникновения опасных примесей воздуха в помещения реализуется в промышленном и гражданском строительстве. Наибольший подпор составляет 50 Па (в режиме рециркуляции, без действующей механической вытяжной системы) при кратковременной эксплуатации только в случае чрезвычайных ситуаций.

Превышение указанного значения нежелательно, т. к. увеличение избыточного давления неизбежно приводит к вытеснению внутреннего воздуха из помещений вагона в ограждающие кон-

струкции кузова с последующей конденсацией содержащейся в нем влаги. В качестве теплоизоляционного материала наружных ограждений используется, как правило, минеральная (базальтовая) вата (URSA и её аналоги) – негорючая, с хорошими теплоизоляционными и шумопоглощающими свойствами, но отличающаяся высокой гигроскопичностью (паропроницаемость материала 0,64 мг/м·ч·Па). При излишнем избыточном давлении из-за попадания теплого внутреннего воздуха такой материал может потерять свои теплоизоляционные свойства. Также повышенная влажность может привести к распространению плесени под обшивкой кузова. Наиболее распространенной альтернативой (не подверженной воздействию влаги) минеральной вате являются изделия из вспененного полистирола, отличающиеся значительной пожарной опасностью, что ограничивает их применение.

В качестве решения проблемы создания энергоэффективной СКВ вагона можно рассмотреть возможность применения в ней рекуперации теплоты вытяжного воздуха с помощью теплового насоса в сочетании с сохранением подпора воздуха для защиты от пыли.

СКВ с тепловым насосом для пассажирского подвижного состава в настоящее время разработаны ВНИИЖТом и ЗАО «ЛАНТЕП», но широкого применения пока не нашли. Одной из главных причин является крайне ограниченное применение для подвижного состава рекуператоров различных конструкций, широко используемых в системах вентиляции общественных зданий (в связи с требованиями СП 60.13330.2016 и других нормативных документов) из-за лимитирования по дополнительному весу и габаритам и низкой эффективности работы при отрицательных температурах.

В таблице 1 сравниваются эксплуатационные характеристики различных рекуператоров.

Таблица 1 – Сравнение рекуператоров для СКВ при работе в режиме теплового насоса*

Сопротивление Теплообменника, Па	Минимальная рабочая температура наружного воздуха	Эффективность рекуперации теплоты (для теплового насоса – экономия тепла), %	Примечание
1 Применение установки кондиционирования воздуха в режиме теплового насоса УКВ ПВ(Т) ЗАО «ЛАНТЕП»			
Нет данных	-15 °С	52	
2 Использование теплоты вытяжного воздуха (рекуперация теплоты)			
<i>2.1 Пластинчатый теплообменник</i>			
100–1000	- 21 °С	50–65, зависит от температуры	При относительной влажности вытяжного воздуха 60 % и температуре 20 °С
<i>2.2 Роторный теплообменник</i>			
100–300	< -40 °С	65–90, зависит от температуры	Высокие затраты на обслуживание
<i>2.3 Два трубчатых теплообменника с промежуточным теплоносителем (антифризом)</i>			
150–500	-28,1 °С – 40 % этиленгликоль -22,2°С – 40 % пропиленгликоль -55 °С – 30 % CaCl	40–70	Возможно размещение теплообменников на удалении друг от друга
<i>2.4 Два трубчатых теплообменника - конденсатор и испаритель теплового насоса (кондиционера)</i>			
150–500**	-	50–70	Возможно размещение теплообменников на удалении друг от друга
* Характеристики приведены по [3–5] при равенстве расходов приточного и вытяжного воздуха через рекуператор.			
** Характерное сопротивление трубчатых теплообменников в СКВ.			

Как видно из таблицы 1, большинство рассматриваемых вариантов не подходит для установки в СКВ вагона из-за ограничения возможности применения по температуре наружного воздуха. Кроме того, все рассмотренные рекуператоры обладают значительным сопротивлением и не могут быть установлены в системе с естественным побуждением.

Тем не менее вариант с тепловым насосом между вытяжным и приточным воздухом заслуживает наибольшего внимания – хорошая эффективность, возможность нагрева и охлаждения воздуха, отсутствие необходимости в установке дополнительного оборудования, значительно увеличивающего вес вагона (всё необходимое оборудование входит в состав агрегатов УКВ ПВ(Т)). Единственным принципиальным недостатком является обязательное наличие механической тяги, при

которой сложно организовать защиту от проникновения в помещения вагона железнодорожной пыли через неплотности кузова.

Решить проблему представляется возможным за счет размещения в вытяжном канале вагона испарителя теплового насоса (конденсатора СКВ) представляющего собой пучок поперечнообтекаемых труб с продольными турбулизаторами гидравлического пограничного слоя. Согласно [1, 2] применение таких турбулизаторов позволяет значительно снизить гидравлическое сопротивление пучка труб без снижения теплообмена, что позволяет разработать рекуператор с требуемыми характеристиками (и позволит уйти от необходимости принудительной тяги, ограничившись минимальным подпором). Эксплуатация рекуператора при этом будет осуществляться только при положительной температуре.

Список литературы

1 Стоякин, Г. М. Снижение гидравлического сопротивления трубных теплообменных аппаратов с продольными турбулизаторами пограничного слоя / Г. М. Стоякин // Информация и космос. – № 2. – 2011.

2 Минаев, Б. Н. О влиянии искусственной турбулизации пограничного слоя на гидравлическое сопротивление пучка круглых труб, омываемых поперечным потоком вязкой среды / Б. Н. Минаев, А. В. Костин, Г. М. Стоякин // Наука и техника транспорта. – № 2. – 2012.

3 Жариков, В. А. Климатические системы пассажирских вагонов / В. А. Жариков. – М. : Трансинфо, 2006.

4 Беккер, А. Системы вентиляции / А. Беккер. – М. : Техносфера, Евроклимат, 2005.

5 Белова, Е. М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях / Е. М. Белова. – М. : Евроклимат, 2006.

УДК 662.8.053.33

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ ФИЛЬТРОВ, НАСЫЩЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Б. М. ХРУСТАЛЁВ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

А. Н. ПЕХОТА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время всё больше на транспорте и в малой энергетике используются топливные фильтрующие элементы как необходимое условие, позволяющее обеспечивать безаварийную и долговременную работу топливных систем за счет удаления примесей, содержащихся в топливе. Для сокращения их негативного воздействия как отходов в виде отработанных фильтрующих элементов на окружающую среду необходимы создание и разработка ресурсосберегающих экологических технологий переработки. При этом сложность рассматриваемой ситуации обуславливается повсеместно возрастающим объемом образования этой группы отходов с малоэффективным уровнем использования, который зачастую заканчивается простым вывозом этого вторичного ресурса на свалку коммунальных отходов для захоронения, несмотря на достаточно высокий уровень содержания различных материалов в этом виде отхода.

По статистике в каждом автомобиле, используемом в личных целях, как минимум один раз в год производят замену топливного фильтра, а в транспортных средствах, используемых в коммерческих целях производят замену топливного фильтра не менее двух раз в год. В то же время фильтры широко применяются при эксплуатации вспомогательных агрегатов, обеспечивающих специальные возможности в дорожно-строительной и коммунальной сферах, а также на энергетических установках, работающих на жидком топливе.

По данным статистического справочника «Беларусь в цифрах», представленного Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь, в нашей стране не менее 2 917 114 легковых автомобилей и не менее 457 000 транспортных средств в виде грузовых автомобилей и автобусов. При этом в стране активно эксплуатируется солидный дорожно-строительный и комбайно-тракторный парк на предприятиях строительного, промышленного и сельскохозяйственного назначения.

Приведенные цифры наглядно показывают, что отработанные фильтры требуют организации специальной системы сбора, транспортировки и утилизации (переработки). Одной из главных экологических проблем является недостаточно организованный сбор и практическое внедрение технологий утилизации, отработанных в первую очередь топливных фильтров. В связи с отсутствием в большинстве городов пунктов сбора и предприятий по утилизации отработанных фильтров, их, как правило, попросту складывают вместе с отходами металлов или твердыми бытовыми отходами, а чаще всего просто выбрасывают. При этом исследование устройства и предлагаемый способ утилизации основных фильтрующих компонентов позволяют перерабатывать этот вид отхода, обеспечивая ресурсосбережение используемых в них материалов и производить термическую утилизацию фильтровальных элементов в многокомпонентных составах твердого топлива.

Исследуя устройство фильтров различных производителей, установлено, что существуют определенные конструктивные отличия исполнения фильтрующих элементов, однако их следует разделить на два основных типа изготовления корпусов фильтров: разборные, корпус которых разбирается и производится замена только открытой фильтрующей сердцевины и моноблока картриджного типа (устанавливается внутри бака); неразборные, когда заменяется весь корпус фильтрующего элемента целиком.

Одним из самых токсичных материалов топливных фильтров является его фильтрующий элемент. В качестве фильтрующего элемента используются изготовленная специальным образом бумага или картон, которые имеют высокую прочность, пористость и, как правило, их пропитывают фенолформальдегидными смолами для придания водостойкости. Также в фильтрах значительно реже применяют фильтрующие элементы объемного типа, изготовленные из хлопчатобумажных, синтетических и искусственных волокон. Поэтому утилизация фильтрующих элементов топливных фильтров представляет собой особую проблему, в решении которой фильтрующий элемент используется в качестве компонента при производстве твердого топлива методом брикетирования многокомпонентных составов.

Группирование и анализ данных по различным маркам топливных фильтров позволили авторам построить диаграммы, разделенные по видам транспортных средств, представленные на рисунке 1 для сравнения содержания ресурсоценных компонентов в отработанных топливных фильтрах.

Синтез теоретических и экспериментальных исследований показал, что топливные фильтры являются рассредоточенным источником распространения загрязняющих веществ в окружающую среду.

При организации сбора и переработки на специализированных предприятиях, применяющих ресурсосберегающие технологические процессы, будет достигнуто максимальное сохранение вторичных материальных ресурсов и внедрение технологий рециклинга. Именно это используется в технологии получения многокомпонентного твердого топлива (МТТ), которая заключается в возможности использования в составе брикетируемого твердого топлива фильтрующих элементов топливных фильтров, в долевом соотношении композитного состава 7–9 % (исходя из марок и видов используемых отходов в составе топлива), обеспечивающем экологически безопасное их сжигание.

Вследствие применения такого технологического решения достигается увеличение до приемлемых и необходимых энергетических показателей теплоты сгорания, при которых потребительские характеристики топлива соответствуют требованиям стандартов, предъявляемым к твердым топливам.

На рисунке 2 представлены графики изменения зависимости выбросов от доли нефтесодержащих отходов x для котлов различной мощности.

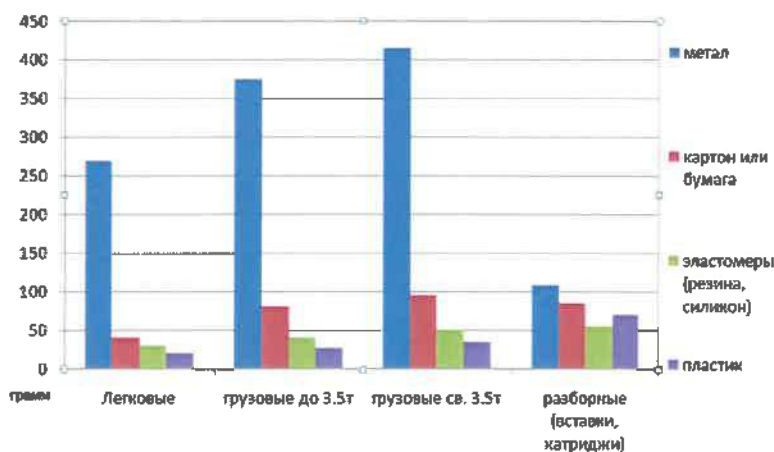


Рисунок 1 – Диаграмма сравнения содержания ресурсоценных компонентов в отработанных топливных фильтрах

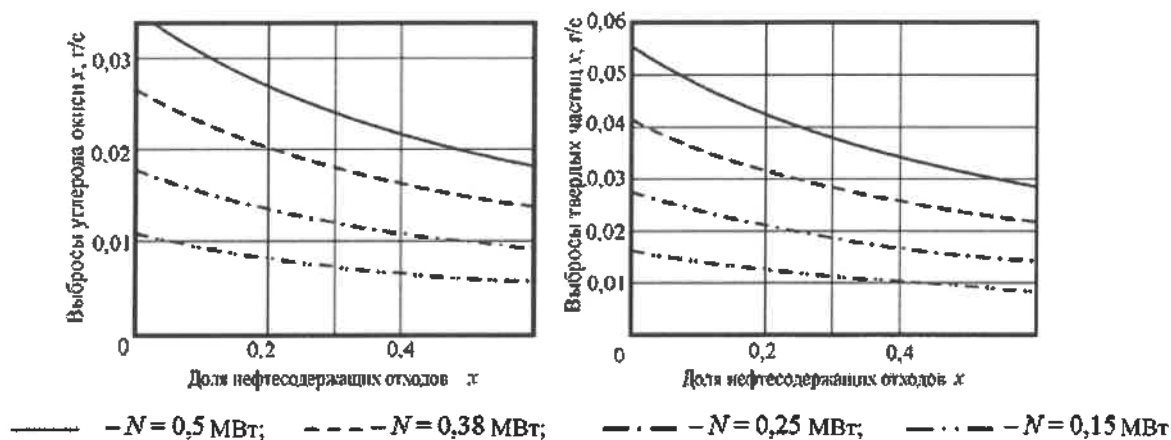


Рисунок 1 – Изменения зависимости выбросов от доли нефтесодержащих отходов x в составе МТТ

Практическая и научная новизна данной технологии состоит в получении математической, модели, позволяющей с учётом физико-химического состава используемых нефтесодержащих компонентов, а также с учетом особенностей энергоустановки, которая применяется впоследствии для сжигания произведенного топлива, рассчитать оптимальное с энергетической и экологической точек зрения соотношение компонентного состава твердого брикетизируемого топлива.

Накопленный исследовательский и производственный опыт объективно доказывают, что данное направление содержит в себе большие потенциальные возможности, экономическую выгоду и позволяет решать важные экологические и социальные задачи.

УДК 624.144.6: 621.924: 621.331

РЕЛЬСОШЛИФОВАНИЕ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Г. В. ЧИГРАЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Шлифование – наиболее распространенный на железных дорогах способ поддержания рельсов в работоспособном состоянии. Он позволяет своевременно устранить искажения профиля, волнообразный износ и внутренние дефекты, а также улучшить вписывание подвижного состава в путь, особенно в кривых участках. Достоинство шлифования рельсов выражается и в продлении их срока службы.

Шлифование рельсов производится, во-первых, для поддержания требуемого профиля головки рельсов, согласующегося с профилями колес. Это позволяет улучшить вписывание экипажей в кривые, снизить контактные напряжения, контролировать уровень поперечных сил, уменьшить влияние и образование волнообразного износа рельсов. Во-вторых, рельсы шлифуют, избегая при этом неоправданных потерь металла, для достижения оптимальной интенсивности износа, при которой на поверхности катания не возникают дефекты контактно-усталостного происхождения. В сочетании с надлежащей смазкой шлифование может продлить срок службы рельсов в среднем на 50–80 %.

Применение профилактического шлифования, выполняемого часто в один проход, с малой подачей и воспроизводящего естественный износ, позволяет удалять поверхностные микротрещины и в то же время сохраняет профиль рельса, выравнивает сварные стыки и удаляет зарождающийся волнообразный износ без лишнего снятия металла. При оптимальной интенсивности износа усталостный и износный процессы в рельсе находятся в равновесии, и их развитие зависит от многих факторов, включая качество содержания пути, тележек и колесных пар подвижного состава и структуру грузопотоков.

В настоящее время совершенствуется и организация проведения работ по рельсошлифованию. На начальном этапе применяли сначала восстановительное шлифование, а затем текущее. В последние годы к ним добавилось планово-предупредительное (превентивное).

К восстановительному шлифованию прибегают для устранения волнообразного износа рельсов и отслоений металла головки. Оно выполняется периодически после пропуска поездной нагрузки 36–54 млн т брутто в кривых малого радиуса и 54–108 млн т брутто в пологих и прямых участках.

Для ликвидации поверхностных дефектов за один цикл необходимо от трех до девяти проходов специального рельсошлифовального поезда (машины) с малой скоростью.

При текущем шлифовании рельс удаляются поверхностные трещины и восстанавливается профиль поперечного сечения головки. Его выполняют через 18–36 млн т брутто в кривых малого радиуса и 36–72 млн т в пологих кривых и прямых. В зависимости от состояния рельсов за один цикл требуется от одного до пяти проходов рельсошлифовальной машины с малой скоростью.

Планово-предупредительное или превентивное шлифование выполняется путем одноразовых проходов специального поезда при пропуске поездной нагрузки от 9 до 16 млн т брутто в кривых малого радиуса, 18–27 млн т – в пологих кривых и 32–41 млн т – в прямых участках пути. В зависимости от глубины поверхностных трещин снимается 0,1–0,2 мм металла. Это позволяет длительное время сохранять рельс в работоспособном состоянии и обеспечить оптимальную интенсивность его износа.

Так, выполненные исследования на железной дороге CPR (Северная Америка) при различных методах шлифования и без него показали, что наибольший срок службы рельсов достигается при превентивном шлифовании, так как рельсы заменяют по достижении максимально допустимого износа, а не вследствие повреждений усталостного характера. К тому же улучшение состояния поверхности катания рельсов при данном способе позволяет применять более высокие значения допускового износа по сравнению с корректирующим шлифованием или без шлифования.

Для европейских условий в большинстве случаев новые рельсы имеют волнообразную поверхность катания со средней амплитудой (A) 0,5 мм. После пропуска 80 млн т (нормативная грузонапряженность $\Gamma_{норм}$) тоннажа амплитуда становится равной 0,7 мм, а при 120 млн т достигает предельной величины 1,7 мм, при которой рельсы заменяются.

На основе вышесказанного могут быть предложены три основные стратегии для повышения срока службы рельсов:

а) шлифование новых рельсов с доведением A до 0,1 мм и последующая шлифовка при пропуске 80 млн т (рисунок 1).

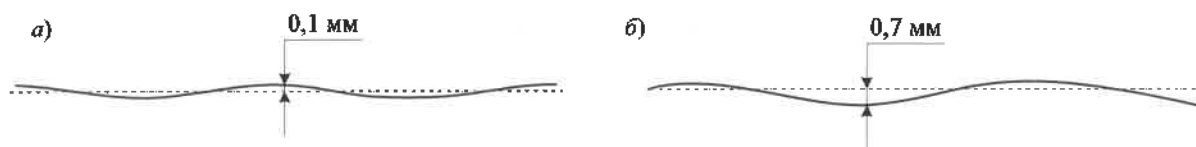


Рисунок 1 – Изображение изменения амплитуды при первой стратегии:
а – введение в эксплуатацию со шлифованием; б – эксплуатация рельсов со шлифованием

Среднее изменение амплитуды

$$\Delta A_1 = \frac{0,1 + 0,7}{2} = 0,4 \text{ мм};$$

б) эксплуатация новых рельсов без шлифовки до пропуска тоннажа 120 млн т (рисунок 2).

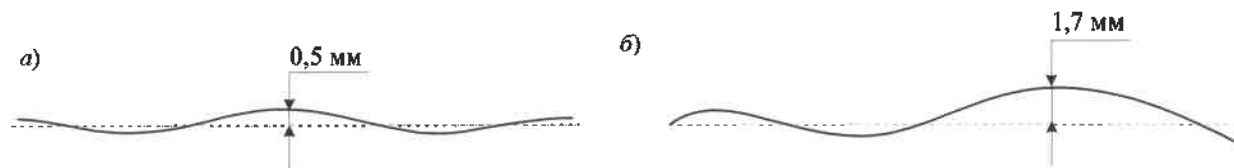


Рисунок 2 – Графическая интерпретация изменения амплитуды при второй стратегии:
а – введение в эксплуатацию без шлифования; б – эксплуатация рельсов без шлифования

Среднее изменение амплитуды

$$\Delta A_2 = \frac{0,5 + 1,7}{2} = 1,1 \text{ мм};$$

в) шлифование новых рельсов с доведением A до 0,1 мм и последующая эксплуатация рельсов без шлифовки до пропуска тоннажа 120 млн т (рисунок 3).

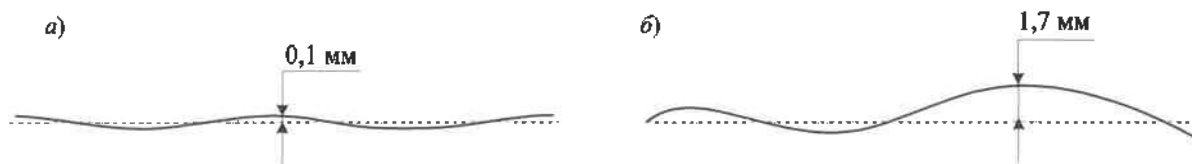


Рисунок 3 – Графическая интерпретация изменения амплитуды при третьей стратегии:
а – введение в эксплуатацию со шлифованием; *б* – эксплуатация рельсов без шлифованием

Среднее изменение амплитуды

$$\Delta A_3 = \frac{0,1 + 1,7}{2} = 0,9 \text{ мм.}$$

Уменьшение основного удельного сопротивления движению вагонов со шлифовкой и без нее определится исходя из следующего выражения, Н/кН:

$$w_{0,i}^* = \bar{w}_0^* \frac{\Delta A_i}{\Delta A}, \quad (1)$$

где $\bar{\Delta A}$ – среднее значение амплитуды поверхности катания рельсов для дорог европейских стран, принято 1,597 Н/кН;

$$w_{01}^* = 1,597 \cdot \frac{0,4}{0,7} = 0,912 \text{ Н/кН}; \quad w_{02}^* = 1,597 \cdot \frac{1,1}{0,7} = 2,51 \text{ Н/кН}; \quad w_{03}^* = 1,597 \cdot \frac{0,9}{0,7} = 2,053 \text{ Н/кН.}$$

Очевидно, что наибольшее изменение (уменьшение) основного удельного сопротивления с 1,597 Н/кН до 0,912 Н/кН наблюдается при первой стратегии.

Сокращение механической работы при выполнении рельсошлифования на 1 км линии, т·км,

$$\Delta R = \left(w_{0,n}^* - w_{0,m}^* \right) \sum_{i=1}^n \Gamma_i \cdot 10^3, \quad (2)$$

где $\sum \Gamma_i$ – грузонапряженность на линии, млн т.

Экономия ТЭР на тягу поезда может быть определена по формуле

$$\Delta G = K \Delta R, \quad (3)$$

где K – соотношение, выраженное в кг дизельного топлива на 1 т·км механической работы локомотива, для средних условий $K = 0,85$ кг/т·км.

На основании вышесказанного основным элементом метода превентивного рельсошлифования является создание и поддержание оптимального профиля. Применение оптимальной технологии позволяет существенно увеличить срок службы рельсов и снизить расходы, связанные с заменой острodefектных рельсов.

УДК 502.2.05

ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ ОБОЧИН ПУТЕЙ

Н. С. ШПИЛЕВСКАЯ

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь

Железнодорожный транспорт играет значительную роль в экономической и социальной сферах человеческого общества. Ежегодно увеличивается поток грузо- и пассажироперевозок. Гомельская область является крупным транспортным узлом Республики Беларусь. Транспортный комплекс области обладает достаточными возможностями для обеспечения потребностей предприятий и населения в перевозках и услугах. В настоящее время Гомельская область является одним из крупнейших центров железнодорожного сообщения в республике. Транспортное республиканское унитарное предприятие «Гомельское отделение Белорусской железной дороги» – сложное многопрофиль-

ное, автономное хозяйство. Магистральная протяженность составляет 900 км, развернутая длина – 1800 км. Сюда включены главные станционные и подъездные пути, депо, многочисленные станции, разъезды, вокзалы, дистанции пути, сигнализации, связи и масса других объектов производственной и социальной инфраструктуры.

Пропускная способность узла станции Гомель из года в год растет. С развитием связей с ближним и дальним зарубежьем произошли большие изменения в структуре перевозимых грузов. Увеличиваются объемы местных, а также межгосударственных пассажирских перевозок, которые являются высококорентабельными.

Быстрый темп развития железнодорожного транспорта способствует увеличению антропогенной нагрузки на природные экосистемы. Постоянное воздействие железнодорожного транспорта вызывает ослабление растительности, снижение ее продуктивности, приводит к преждевременному старению, поражению зеленых насаждений различными болезнями, вредителями. Подвижной состав оказывает влияние на содержание тяжелых металлов как на подземную часть растений, так и на их надземную фитомассу. Как правило, наибольшее влияние на растения оказывают железо, свинец, медь. Загрязнение природной среды свинцом отрицательно сказывается на росте и развитии растений. В условиях повышенного содержания свинца в воздухе могут происходить изменения в обмене веществ растений, сопровождающиеся нарушением деятельности ферментов, снижением содержания витаминов и другими явлениями, при этом внешние признаки повреждений могут и не проявляться.

Район исследований располагался на юго-востоке Республики Беларусь, в г. Гомеле. Исследования проводились на обочине железнодорожных путей в железнодорожном районе г. Гомеля. Было описано пять пробных площадок размером 10×5 м. Средняя высота территории составляет 140 м, уровень грунтовых вод – 2,5 м. Источником почвенной влаги являются атмосферные осадки. Древесный ярус отсутствует. Рядом с железной дорогой находится станция «Гомель-Северный». На расстоянии 200 м от пробных площадок проходит автомобильная дорога местного пользования. Также недалеко от железных путей расположен частный сектор с огородами (на расстоянии 100 м).

Учет растительного покрова проводился с помощью геоботанической съемки с последующей камеральной обработкой [1]. Экологическая оценка растительного покрова обочин дорог проводилась с помощью фитоиндикационных шкал Д. Н. Цыганова [2]. Выделение эколого-ценотических групп – по В. Э. Смирнову [2].

Во флоре участка исследования было выявлено 20 видов растений, 19 родов и 12 семейств. Максимально представлены семейства астровые (5 видов растений) и бобовые (4 вида растений). В проективном покрытии участка наиболее часто встречаются *Carex acuta* L., *Achillea millefolium* L., *Vicia cracca* L. Наименее представлены – *Chenopodium album* L., *Poa pratensis* L., *Medicago falcata* L., *Silene vulgaris* L.

По сравнению с фоновыми показателями, характерными для данной местности изменение спектра флоры участков исследований имеет следующий вид: уменьшения количества семейств (в 1,5 раза), снижение количества учтенных видов (в 2,1 раза).

С помощью фитоиндикационных шкал Цыганова была изучена оценка экологических ниш видов растений по представленным факторам среды обитания на исследуемой территории. Шкалы Цыганова объединяют и систематизируют знания об экологических потребностях растений.

По шкалам Цыганова исследуемая обочина железнодорожных путей характеризуется материковым континентальным климатом ($Kл = 8,7$); зоной хвойных лесов ($Tл = 8,2$); семиаридным климатом, т. е. полусухим с недостаточным увлажнением ($Om = 7,9$); мягкими зимами ($Cr = 7,5$); сухим лесолуговым увлажнением почв ($Hd = 10,7$); богатыми солями почвами ($Tr = 8,2$); переменным увлажнением почв ($Fh = 6,3$); умеренно-богатыми азотом почвами ($Nt = 5,9$); нейтральными почвами ($Rc = 7,8$); кустарниковой растительностью с полуоткрытыми пространствами ($Lc = 2,9$). По сравнению с фоновыми показателями данной местности наблюдаются следующие тенденции: увеличиваются показатели шкал термоклиматической (на 0,3), континентальности климата (на 0,1), криоклиматической (на 0,4), переменности увлажнения почв (на 0,5), солевого режима почв (на 0,2), кислотно-щелочных почвенных условий (на 0,9) и освещенности-затенения (на 0,1); снижение показателей наблюдается у шкал омброклиматической (на 0,1), увлажнения почв (на 0,5) и богатства почв азотом (на 0,2).

Эколого-фитоценотический анализ видового состава дает ясное представление об экологии видов, слагающих флору сообществ обочин дорог. Он показал, что у обочин дорог доминирует сорная

группа растений (69,2 %). Сорную группу представляют такие виды, как цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) и др.

Большой процент из состава флоры приходится на луговые растения (19,2 %), такие как костер безостый (*Bromopsis inermis* Holub), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.), лапчатка прямостоячая (*Potentilla erecta* L.) и др. Остальные эколого-фитоценотические группы представлены небольшим числом видов.

Для участка характерно преобладание лугово-степной эколого-ценотической группы (15 видов), в меньшей степени представлены боровая (2 вида) и неморальная (2 вида) группы, и минимально представлена бореальная (1 вид).

На каждом участке исследования определялись жизненные формы растительности. Жизненная форма – это внешний вид растения, который выработался под влиянием экологических факторов, их приспособление к условиям жизни. На обочине железнодорожных путей преобладают гемикриптофиты (12 видов), также представлены терофиты (5 видов) и геофиты (3 вида).

Таким образом, флористический состав обочин дорог представлен четырьмя эколого-фитоценотическими группами растений. Основу растительного покрова составляют сорные фитоценозы. Травянистый покров обочин дорог характеризуется достаточно бедным видовым составом. В результате анализ таксономической структуры исследуемой флоры показал, что виды изученной флоры на исследуемых участках относятся к 12 семействам. Характерной чертой изученной растительности является доминирование в видовом составе небольшого числа семейств, что свидетельствует о том, что фитобиота подверглась антропогенному воздействию. В таксономическом спектре флоры количественно преобладают семейства с небольшим числом видов. В частности, семейств, представленных только одним видом, было отмечено 10 (83,3 % всех семейств). На долю двух ведущих семейств приходится девять видов (46,15 %).

Было установлено, что в пределах исследуемых участков в процессе эксплуатации железнодорожного транспорта изменяются не только микроклиматические условия ландшафта, но и состав растительного покрова, состояние почвенного покрова, т. е. происходит коренное изменение природной среды.

Список литературы

- 1 Цыганов, Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д. Н. Цыганов. – М. : Наука, 1983. – 198 с.
- 2 Василевич, В. И. Статистические методы в геоботанике / В. И. Василевич. – М. : Наука, 1996. – 232 с.
- 3 Смирнов, В. Э. Обоснование системы эколого-ценотических групп видов растений лесной зоны Европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа / В. Э. Смирнов, Л. Г. Ханина, М. В. Бобровский // Бюлл. МОИП. Сер. Биологическая. – 2006. – 111 (1). – С. 27–49.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

УДК 351.81:343.3

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТРАВМАТИЗМА СРЕДИ ПОДРОСТКОВ НА ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Д. А. АУЛИН, Д. Н. КОВАЛЕНКО, А. В. БУЦКИЙ, А. А. АНАЦКИЙ

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

Современная культура находится в постоянной взаимосвязи с проблемами безопасности человечества. Динамическая дорожная ситуация представляет собой источник повышенной опасности и требует изменения существующего положения. Установлено, что любое движение железнодорожного транспорта, представляет собой процесс специфических коммуникаций, которые обуславливают существование определенного сообщества – пользователей железнодорожного транспорта.

Анализируя информацию, полученную из отдела контроля над условиями труда и промышленной безопасностью в 2018–2019 гг., коллектив кафедры эксплуатации и ремонта подвижного состава УкрГУЖТ был обеспокоен увеличением количества несчастных случаев, в том числе со смертельным исходом, среди жителей, особенно среди детей до 16 лет, на сети железнодорожного транспорта Украины.

По данным только Харьковского регионального отдела контроля над условиями труда и промышленной безопасностью, за 2018 и I квартал 2019 г. на региональном филиале «Южная железная дорога» АО «Укрзализныця» были травмированы 110 граждан, в числе которых 61 – со смертельным исходом и 3 ребенка в возрасте до 16 лет.

Анализ случаев травматизма показывает, что все несчастные случаи являются следствием нарушений гражданами, в том числе и детьми, «Правил безопасности граждан на железнодорожном транспорте Украины», а именно: переход железнодорожных путей в неустановленном месте, хождение по железнодорожным путям, переход пути под вагоном, нахождение в состоянии алкогольного опьянения на территории объектов железнодорожного транспорта, опасном приближении к токоведущим частям инфраструктуры, проезд на внешних частях, крышах локомотивов или вагонов (так называемые «зацепинг», «трейнсерфинг»).

К сожалению, мероприятия, проводимые железнодорожниками регионального филиала «Южная железная дорога» приносят малый эффект, а тенденция несчастных случаев со смертельным исходом только растет.

Специалисты кафедры поставили цель – в рамках своей деятельности разработать комплекс превентивных мер по повышению безопасности граждан при нахождении на объектах железнодорожного транспорта.

Несмотря на максимальную ответственность, которая возложена на взрослых, и повышении их культуры безопасности на железной дороге, рост травматизма неуклонно растет. В современном обществе родители зачастую озадачены материальным благополучием семьи и не уделяют внимания воспитательным мероприятиям, оставляя без должного интереса факторы безопасного поведения детей в общественных местах, особенно на территории транспортной инфраструктуры. Защищая своего ребенка от опасностей окружающей среды, далеко не все родители (которые часто сами обладают низкой культурой безопасности) не в полной мере осознают психологические и физиологические особенности поведения детей, неполноценность жизненных навыков, высокий уровень детской любознательности, потенциальные сомнения, страх и панические действия детей в чрезвычайных ситуациях. Дети являются наиболее чувствительной категорией участников общественной жизни. Очевидно, что безопасность детей – одна из первых и основных задач взрослых, а обеспечение их максимальной защиты от возникновения непредвиденной ситуации – долг родителей и педагогов.

Если рассматривать причины травматизма детей, то кроме вышеуказанных можно выделить следующие: отсутствие чувства опасности у детей (переход путей в неполюженном месте, резкое появление на пути перед движущимся подвижным составом), отсутствие элементарных знаний работы железнодорожного транспорта, недостаточный надзор родителей за детьми дошкольного и

младшего школьного возраста (подвижные игры на территории объектов железнодорожного транспорта). Основные причины высокого уровня травматизма с детьми на железнодорожном транспорте, на наш взгляд, следующие:

- непонимание родителями повышенного уровня опасности детей на объектах железнодорожного транспорта и, как следствие, низкая культура безопасного поведения и тех, и других;
- отсутствие правильных навыков поведения детей в силу их возрастных психологических особенностей;
- недостаточный уровень компетентности детей в области правил безопасности;
- низкий уровень интеграции семьи, образовательных учреждений, государственных структур в области безопасности детей на железной дороге;
- недостаточное научно-методическое обеспечение процесса воспитания безопасности детей на объектах железнодорожного транспорта.

Для подростков характерны такие черты поведения, как самоуверенность; противоречия, отсутствие дифференциации реальных сил, возможностей и желаний; стремление индивидуальности и обособленности, и т. п. К экстремальному поведению их подталкивают такие факторы, как:

- неумение родителей наладить взаимосвязь с детьми;
- слабо развитая структура проведения «правильного» досуга (кружки по интересам, секции, учебные и научные объединения);
- бесконтрольное развитие асоциальных групп (зацеперов, трейнсерферов, диггеров и т. п.), иногда – через неконтролируемые социальные сети и т. д.;
- участие в группах и подверженность давлению от более морально сильных («на слабо»).

При нахождении на транспорте, подростки, в силу объективных причин, зачастую пренебрегают вниманием. Внимание же, как термин, представляет собой процесс и состояние настройки субъекта на восприятие приоритетной информации и выполнение поставленных задач. Теоретически и операционально внимание характеризуется уровнем (интенсивностью, концентрацией), объемом (широтой, распределением), селективностью, скоростью переключения (перемещения), длительностью и устойчивостью. К сожалению, развитие технологий также отрицательно сказывается на предупреждении травматизма. Это нахождение в наушниках, игры в смартфонах, разговоры по телефону и общение в социальных сетях, мессенджерах и т. д., что снижает уровень внимания и сосредоточенности. Делая селфи, находясь на элементах инфраструктуры, подвижном составе, участники нарушений, в основном, забывают о правиле фиксации на трех точках, что неизбежно приводит к падению во время движения.

Исходя из вышеуказанных проблем специалистами кафедры был разработан ряд мер по повышению эффективности профилактической работы, в задачи которой входит формирование позитивных индивидуальных интересов подростков. Первоочередным в решении вопроса повышения безопасности детей на железнодорожном транспорте является повышение знаний в области работы железнодорожного транспорта и безопасности на его объектах.

Коллективом кафедры разработан презентационный курс по теме «Железная дорога с безопасностью для себя», включивший в себя общие вопросы безопасности на объектах железнодорожного транспорта, последствий нарушения правил безопасности, а также главных принципов отношения «пользователь железнодорожного транспорта – железная дорога». Целью курса является не запрет, а ознакомление, потому что любой запрет вызывает протест у подростков, и провоцирует, прежде всего, еще большую заинтересованность в неадекватных действиях.

Данный курс демонстрировался участниками рабочей группы в общеобразовательных школах, находящихся в минимальном приближении к железнодорожным станциям, крупным железнодорожным узлам регионального филиала «Южная железная дорога» АО «Укрзалізниця», как имеющих высокий риск детского травматизма.

Для закрепления эффекта от проведенной работы во время презентационного курса были представлены наглядные пособия, такие как сигнальные фонари, флаги, сигнальные жилеты, средства индивидуальной защиты и другое оборудование, которое используют железнодорожники во время своей работы.

По мнению специалистов кафедры «Эксплуатации и ремонта подвижного состава» УкрГУЖТ, данные превентивные меры позволят повысить безопасность молодежи на железнодорожном транспорте, способствовать повышению требовательности, дисциплинированности, а также разумного интереса молодежи к железной дороге в целом.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОННОЙ СМЕСИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ПОКРЫТИЙ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ПОЛОС АЭРОДРОМОВ

Г. В. АХРАМЕНКО, К. С. РАЗВОНОВ

Белорусский государственный университет транспорта

А. Н. ПЕТРЕНКО

ОАО «Дорожно-строительный трест № 2», г. Гомель, Республика Беларусь

3 мая 2019 г. Президент Республики Беларусь А. Г. Лукашенко открыл вторую взлетно-посадочную полосу в национальном аэропорту «Минск». Ее ширина – 60 метров, а протяженность – 3700 метров, что на 60 м длиннее первой полосы. Вторая взлетно-посадочная полоса обеспечит прием всех существующих в настоящее время типов воздушных судов. Установлено самое современное оборудование, что позволит принимать самолеты практически при любой видимости.

Как известно, наиболее ответственными объектами строительства являются искусственные взлётно-посадочные полосы аэродромов, покрытие которых является цементобетонным. В наши дни продукция бетонной промышленности широко распространена. Современные аэродромные покрытия представляют собой сложные инженерные сооружения, к эксплуатации которых предъявляются высокие требования. Основой технической эксплуатации аэродромных покрытий является соблюдение эксплуатационных требований, в частности своевременная диагностика состояния покрытий и выполнение строительных мероприятий по проведению планово-предупредительных ремонтов. Наиболее важным показателем высокого качества бетона является его прочность на сжатие [2, 3].

Основные способы увеличения прочности бетона (искусственного камня или пенобетона) сводятся к введению в бетонную смесь различных добавок, которые обладают разным действием. К таким добавкам относятся следующие модифицирующие добавки: суперпластификатор С-3, Реламикс СП-1, комплексная добавка «Реламикс» и др. [5].

Один из способов обеспечения прочности цементобетона помимо приведенных добавок – качественное уплотнение смеси. Зачастую подвижные смеси уплотняют вибрационным способом. В данном случае приводится пример возведения цементобетонного покрытия при строительстве второй взлетно-посадочной полосы в национальном аэропорту «Минск». Уплотнение бетонной смеси при строительстве искусственной взлётно-посадочной полосы № 2 Национального аэропорта «Минск» производилось вибрационным способом. Бетоноукладчик GOMACO GHP-2800 оснащался глубинными вибраторами, которые и производили виброуплотнение цементобетонной смеси. Для современных требований одного вибрационного способа уплотнения недостаточно и чтобы увеличить качество уплотнения, строители прибегают к использованию химических добавок. К одной из таких добавок относится «Хидетал-П-8» [1].

Добавка для бетонов «Хидетал-П-8» применяется как воздухововлекающий компонент в производстве всех видов бетонов и строительных растворов, для улучшения формуемости смеси и повышения морозостойкости за счёт создания замкнутых резервных пор.

Область применения:

- теплоизоляционные и конструктивно-теплоизоляционные бетоны на органических заполнителях и полистирольных заполнителях;
- лёгкие бетоны на пористых наполнителях (керамзит, вспученный перлит, вермикулит)
- строительные растворы;
- тротуарная плитка;
- бордюрный камень;
- дренажные конструктивы и сливные лотки.

Преимущества:

- повышение морозостойкости бетона;
- повышение однородности изделий по плотности;
- улучшение уплотняемости бетонной смеси;

- повышение качества лицевой поверхности изделий;
- предотвращение налипания бетонной смеси на виброштамп при изготовлении вибропресованных изделий;
- уменьшение времени формовки вибропресованных изделий;
- обеспечение стабильности геометрии конечных изделий;
- жидкость товарной концентрации, полностью готова к применению, не требует перерасчётов и контроля плотности.

Добавка «Хидетал-П-8» позволяет улучшить уплотняемость смеси, а также увеличить морозостойкость и снизить водопоглощение конечных изделий, улучшает формуемость изделий и исключает залипание, а так же позволяет получить высококачественную поверхность. Товарное описание добавки представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Товарное описание

Агрегатное состояние	Жидкость товарной концентрации
Цвет	Прозрачно-белый
РН-показатель, ед.,	Не менее 6
Содержание СГ, %, не более	0,1
Температура хранения, °С	От +10 до +40 °С
Упаковка	Пластиковые ёмкости 15, 220 и 1000 кг

Для получения наибольшего эффекта добавка вводится в цементобетонную смесь от 0,2 до 0,5 % к массе цемента по товарному веществу добавки. Дозировка добавки определяется экспериментально, под конкретный вид уплотняющего устройства и необходимую степень уплотнения. Вводится в бетонную смесь только вместе с водой затворения.

Для определения эффективности добавки «Хидетал-П-8» было введено в состав бетона 0,24 % от массы цемента по жидкому веществу добавки. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Продукт относится к 3-му классу опасности по ГОСТ 12.1.007 (умеренно опасное вещество). Работающий персонал применяет средства индивидуальной защиты согласно ГОСТ 12.4.011. Утилизация добавки производится согласно требованиям местного законодательства.

Таблица 2 – Результаты испытаний бетона

Объект испытаний	Метод испытаний	Нормированное значение	Результирующее значение
Прочность на сжатие, МПа	СТБ 1152–99, п. 4.3, 7.1	Не менее 28,9	33,2
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	СТБ 1152–99, п. 4.4, 7.1	Не менее 3,6	4,44
Водопоглощение бетона по массе, %	ГОСТ 12730.3–78	Не более 6,0	4,7
Истираемость, г/см ²	ГОСТ 13087–81	Не более 0,7	0,6
Марка бетона по морозостойкости	ГОСТ 10060.2–95	F250	F250

Добавка может использоваться достаточно долго. Гарантийный срок хранения – 1 год с даты производства. После истечения срока хранения добавка может быть применена по назначению после проведения лабораторных испытаний. После заморозки не меняет своих свойств. Размораживание добавки производится при комнатной температуре. После размораживания добавка тщательно перемешивается. К условиям хранения особых требований не предъявляется.

Применение добавки «Хидетал-П-8» положительно сказывается на свойствах бетона. Улучшает уплотняемость смеси и увеличивает прочность бетона на всех этапах набора прочности.

Список литературы

- 1 Работы по строительству второй ВПП в Национальном аэропорту Минск выполнены на 80 % [Электронный ресурс] // БелТА. – Режим доступа : <http://www.belta.by/society/view/raboty-po-stroitelstvu-vtoroj-vpp-v-natsionalnom-aeroportu-minsk-vypolnenu-na-80-270661-2017/>. – Дата доступа : 09.07.2019.
- 2 ГОСТ 27006–86. Бетоны. Правила подбора состава. – М. : ЦИП, 1989.
- 3 ГОСТ 26633–2011. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. – Введ. 01.01.2014; – М. : Стандартинформ, 2014.
- 4 Автомобильные дороги: Проектирование и строительство / под ред. В. Ф. Бабкова [и др.]. – М. : Транспорт, 1983. – 239 с.
- 5 Хидетал-П-8. Добавка для производства вибропресованных изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://sktstandart.ru/files/tech_docs/hidetal_p_8/teh_opisanie_hidetal_p_8.pdf. – Дата доступа : 09.09.2019.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Н. В. БАНДЮК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Автомобильная дорога является сложным инженерным сооружением, обеспечивающим движение транспортных средств с установленными скоростями и нагрузками с соответствующим уровнем безопасности движения на протяжении года.

Проблема долговечности асфальтобетонных покрытий актуальна в настоящее время как в Республике Беларусь, так и за рубежом. Асфальтобетон – самый распространённый материал в дорожном строительстве. Несмотря на многочисленные преимущества данного материала, в последнее время очень актуален вопрос повышения его качества. В условиях современного скоростного интенсивного движения, увеличения нагрузки транспортных средств, под влиянием природных факторов наблюдается разрушение, старение и уменьшение срока службы покрытий, что приводит к огромным затратам для восстановления работоспособности дорожных покрытий.

Проблема обеспечения долговечности асфальтобетонных покрытий дорожных одежд является одной из наиболее актуальных. Ее решение требует значительных затрат материальных и трудовых ресурсов. В связи с высокой стоимостью дорожно-строительных материалов особо важное значение приобретают вопросы использования в дорожном строительстве новых технологий, эффективных и нетрадиционных материалов, отходов и побочных продуктов промышленности. В первую очередь это относится к таким технологиям и материалам, которые могли бы обеспечить повышение качества асфальтобетонных покрытий, снижение расхода дорогостоящих вяжущих. К таким отходам можно отнести полимерные материалы.

Первые процессы переработки полимеров появились в XIX в. После этого потребовалось почти сто лет для того, чтобы увеличение числа методов переработки, их совершенствование и математическое моделирование привело к созданию такой научно-технической дисциплины, как технология переработки полимеров. Теоретические основы переработки полимеров необходимы для изучения поведения материала при его переработке на различных стадиях технологического процесса, а также влияния химического строения, состава и молекулярно-массовых характеристик полимера на технологические параметры процесса.

Современная промышленность переработки полимеров располагает большим набором методов переработки и парком оборудования (более 3500 типов машин). В мире предлагаются и разрабатываются различные стратегии вторичной переработки и утилизации отходов полимерных материалов.

Основное количество отходов уничтожается неэффективными способами, ведущими к загрязнению окружающей среды: накопление на полигонах (свалках), захоронение и затопление. Более рационально утилизировать отходы следующими способами:

- 1) сжигание с целью получения энергии;
- 2) термическое разложение;
- 3) деполимеризация с получением исходных низкомолекулярных продуктов;
- 4) складирование на специально отведенных полигонах;
- 5) полезное использование (утилизация), включающее несколько направлений, главным из которых является повторное использование после соответствующей подготовки.

Последний способ представляет интерес для дорожной отрасли, так как позволяет использовать вторичное сырье в качестве новой ресурсной базы, что является одним из наиболее динамично развивающихся направлений переработки полимерных материалов в мире.

Для успешной реализации возможности вторичной переработки полимерных отходов с образованием пригодных для использования веществ должны быть решены следующие вопросы:



Рисунок 1 – Структура обращения с полимерными отходами

- уменьшить многообразие марок полимерных материалов;
 - присвоить знаки вторичной переработки используемым полимерным материалам с максимально возможной точностью;
 - разработать специальную маркировку для полимерных материалов, облегчающую их сортировку;
 - полимерные материалы различных видов должны легко разделяться и сортироваться.
- Можно выделить основные стадии вторичной переработки полимерных материалов:
- сбор отходов потребления, бракованных и вышедших из употребления;
 - сортировка по виду материала;
 - предварительная очистка от загрязнений, промывка;
 - дробление, измельчение;
 - агломерация (для пленочных отходов);
 - повторная промывка материала с последующей сушкой (при необходимости);
 - гранулирование как окончательная стадия переработки отходов полимеров.

Для использования полимерных отходов в дорожной отрасли необходимо определить наиболее оптимальный способ их переработки и приготовления. В настоящее время можно выделить следующие технологические операции: дробление, раздавливание, истирание, расщепление волокнистых ингредиентов и другие. Для этих целей необходимо применять дробилки, мельницы, дезинтеграторы, грануляторы, резательные станки и другие. Используя вышеперечисленное оборудование, можно изготовить материал первичной переработки, который в последующем можно направлять на различные цели. Однако вопрос использования полимерных отходов в дорожной отрасли, а именно при приготовлении асфальтобетонных смесей, в настоящее время недостаточно изучен. Для решения этого вопроса необходимо провести ряд исследований теоретического и практического характера, результатом которых должны быть определены способности химического взаимодействия вторичных полимеров с битумом, свойства, которым должны удовлетворять вторичные полимерные отходы, а также необходимо определить наиболее эффективный способ переработки полимерных отходов для получения сырья, используемого при приготовлении асфальтобетонных смесей.

Список литературы

- 1 Переработка полимеров в твердой фазе : учеб. пособие / Г. С. Баронин [и др.]. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 88 с.
- 2 Ревако, М. М. Теоретические основы переработки полимеров : учеб. пособие для студентов по специальностям «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий», «Упаковочное производство», «Машины и технология обработки материалов давлением» / М. М. Ревако, Н. Р. Прокопчук. – Минск : БГТУ, 2009. – 305 с.
- 3 Оборудование и технология вторичной переработки отходов упаковки : методические указания / сост. : А. С. Кликов [и др.]. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 56 с.
- 4 Чернов, С. А. Влияние полимерно-дисперсно-армирующей добавки на эксплуатационные свойства асфальтобетона / С. А. Чернов [и др.] // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12. Вып. 6. – С. 654–660.
- 5 Бандюк, Н. В. Анализ способов повышения эксплуатационных качеств дорожных покрытий / Н. В. Бандюк // Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и строительного комплексов : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 2; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 6–8.

УДК 625.17

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В. А. БАРТОШЕВИЧ

КУП «Минский метрополитен», Республика Беларусь

Н. Ю. ГУБЕНСКИЙ, А. Ю. СУДНИКОВИЧ

Путевая машинная станция № 71 Белорусской железной дороги, г. п. Радошковичи

А. С. БРАТИКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Электрификация железных дорог в рамках национальных транспортных коридоров скоростного движения – это условие, без которого в Республике Беларусь невозможно внедрение полноценного скоростного движения. Значительное потребление электроэнергии железными дорогами и увеличе-

ние энергетической составляющей затрат позволяет считать энергосбережения на железнодорожном транспорте приоритетным направлением уменьшения эксплуатационных затрат.

В настоящее время железная дорога является наиболее «бюджетным» видом транспорта, среди других видов она имеет минимальное значение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов. Несмотря на низкую удельную энергоёмкость железнодорожного транспорта, потенциал экономии эксплуатационных затрат за счет сокращения расхода топлива и энергии в отрасли весьма ощутим, а возможность активно влиять на него с помощью технологических и технических новаций очень велика.

Энергетические ресурсы на дороге применяются во всех направлениях производственных процессов, они необходимы для обеспечения перевозочного процесса, на поддержание разветвлённой железнодорожной инфраструктуры, производственных и технических объектов.

Учитывая характер и используемые энергоресурсы, основной потенциал энергосбережения на железной дороге кроется в оптимизации потребления печного топлива (энергосбережение), дизельного топлива (машины и механизмы), электроэнергии (производство, тяга), электроэнергии и дизельного топлива (тяга).

Наибольшая часть расходов энергоресурсов приходится на обеспечение тяги подвижного состава. Это около 84–86 % электроэнергии и порядка 90 % дизельного топлива.

К основным направлениям снижения энергопотребления в сфере железных дорог можно отнести следующие:

- электрификация железных дорог;
- замена нефтяного топлива на сжиженный природный газ;
- максимально возможная загрузка вагонов и использование вагонов повышенной грузоподъёмности;
- применение усовершенствованных локомотивов с улучшенным КПД двигателей.

Следует обратить внимание на замену нефтяного топлива на сжиженный природный газ. Например, такой тепловоз ТЭМ19 был произведен на Брянском машиностроительном заводе «БМЗ» и начал свою работу на сети российских железных дорог.

Применение такого подвижного состава на сети железных дорог даст экономию энергоресурсов на 24 % в год, а также позволит уменьшить не только экологическую проблему, но и затраты на перевозки.

Локомотивы с улучшенным КПД двигателя предназначены для выполнения легких маневровых и хозяйственных работ на путях промышленных предприятий, железнодорожных станций, ремонтных предприятий, предприятий путевого хозяйства, а в том числе в закрытых строениях.

Данный локомотив отвечает всем основным требованиям, предъявляемым к современным маневровым локомотивам:

- максимальное использование энергии для создания силы тяги;
- минимизация энергетических затрат на вспомогательные нужды;
- снижение расходов на приобретение горюче-смазочных материалов;
- высокие показатели экологических и эргономических качеств, отвечающих мировым стандартам.

Применение локомотивов данного типа обеспечит снижение затрат на закупку дизельного топлива не менее чем на 40 %, так как значительная часть маневровой работы будет выполняться с питанием от тяговых аккумуляторных батарей, а также на техническое обслуживание и ремонт.

УДК 621.155

ВНЕДРЕНИЕ ТРУБЧАТЫХ СВАЙ ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИИ БОЛОТ ЭСТАКАДАМИ

В. М. БОГДАНОВИЧ

ООО «Трест Тындатрансстрой», Российская Федерация

Н. В. ДОВГЕЛЮК, Е. М. МАСЛОВСКАЯ, А. Н. ТАВТЫН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Развитию железнодорожной сети в Беларуси уделяется большое внимание [1]. В середине XX века болота занимали около 14 процентов территории Беларуси. После мелиорации 60–80-х годов XX в. количество естественных водно-болотных экосистем сократилось более чем в два раза. Сегодня только 6,4 % территории покрыто болотами, средний мировой показатель равен 3,4 %.

Толща болот, пересекаемая железными и автомобильными дорогами, чаще всего заполнена торфом. Свойства торфа зависят от глубины его залегания, от его генезиса. Болотные грунты не обладают большой несущей способностью и поэтому без принятия специальных мер они не пригодны для оснований инженерных сооружений при больших динамических нагрузках для железных дорог, при эксплуатации. Сеть путей сообщения слабо развита в заболоченных местах из-за суровых климатических условий и нехватки грунтов, пригодных для возведения насыпей. Это создает значительные трудности, преодоление которых при строительстве железных дорог связано с большими затратами материальных средств, в несколько раз выше, чем в обычных условиях.

Пересечение болот железной дорогой возможно двумя способами: отсыпкой земляного полотна непосредственно по болоту или пересечение болота эстакадами.

Предлагается новая технология возведения железнодорожных свайных эстакад на болотах. Особенность ее в применении железобетонных трубчатых свай, причем частично – в усиленном телескопическом удлиненном виде. Усиление назначается по необходимости индивидуально при недостаточной начальной грузоподъемности отдельных свай и при отдельных неудовлетворительных результатах контрольных испытаний опор эстакады. Испытания предполагается проводить для всех опор спустя значительное время после погружения свай. В конструкции эстакады предусмотрена возможность усиления свай без демонтажа пролетных строений и оголовков опор. Прогнозируется возможность ограничения усиления порядка 10 % опор [2].

Разработки по данной проблеме выполнены без надлежащего учета ряда важных и сугубо специфических для эстакад на болотах естественных условий и организационных возможностей.

К ним относятся: 1) разброс величины сопротивления сваи одинакового размера в однородном грунте; 2) временное разупрочнение глинистых грунтов в процессе погружения свай и обратное восстановление их прочности (стабилизация) в течение длительного времени; 3) возможность значительного уменьшения нагрузок на сваи на головном участке монтажа; 4) в отдельных случаях необходимость повышения несущей способности свай по грунту за счет развития их в подземной части в ширину или длину после полного погружения унифицированной основной части, в том числе при выполнении этих работ в послемонтажный период.

С естественными условиями 1 и 2 очень плохо сочетается традиционное требование СНиП о достижении каждой сваей в конце погружения, находящейся в разупрочненном грунте, несущей способности, почти вдвое превышающей проектную эксплуатационную нагрузку. Это требование ведет к завышению размеров свай, которые в большинстве своем не смогут быть погружены до конца, получают повреждения голов или потребуют обрезки. Часть же их, забитая до конца, не даст немедленно расчетного отказа и потребует контрольной добивки не ранее чем через 6 суток, результаты которой могут быть тоже неудовлетворительными. В обоих случаях неизбежны потери времени и дополнительные затраты [2]. Это приводит к снижению темпов строительства и его удорожанию вплоть до полной потери конкурентоспособности эстакад по сравнению с земляным полотном.

Предлагается иной подход к технологии возведения эстакад и обеспечению их надежности, возможный при использовании трубчатых железобетонных свай. Если снизить требования к начальной грузоподъемности свай, имея в виду временный характер разупрочнения грунта и возможность повышения несущей способности сваи по грунту путем устройства уширенных пят или телескопического удлинения ствола, то более короткие сваи смогут быть погружены до конца без повреждений. Монтаж эстакады будет при этом значительно ускорен за счет облегченного погружения свай и беспрепятственной установки оголовков. Исключение обрезки свай позволит заготавливать их оптимально подготовленными к соединению с оголовками монтажно-сухими стыками. Головы свай при этом могут быть специально усилены, а стволы сделаны более тонкостенными.

Организация работ возможна в двух вариантах.

Первый – с использованием временного железнодорожного пути, уложенного по трассе будущей автодороги тем же монтажно-сваебойным агрегатом. При этом не только предельно упрощается и удешевляется транспортное обслуживание строительства эстакад, но еще и радикально и экономично решается вопрос о доставке на трассу огромной массы материалов, нужных для строительства участков автодороги на земляном полотне. Последнее с опережением готовится для прохода агрегата (в минимальном объеме).

Второй – с перемещением агрегата на трассе по инвентарному железнодорожному пути, состоящему всего из 5 звеньев, которые агрегат укладывает перед собой и разбирает за собой, работая как путеукладчик и путеразборщик. Так, он может перемещаться как по земле, так и по эстакаде в

процессе ее строительства. Перевозка всех конструкций, так же как и материалов для строительства автодороги на земляном полотне, при этом может быть обеспечена только автомобильным транспортом, для которого потребуется временная дорога. Насыпи в минимальном объеме, так же как и в первом варианте, должны быть готовы до прохода агрегата.

Во избежание непроизводительных потерь времени на стадии головного монтажа на опоры устанавливаются только средние блоки пролетного строения; два боковых блока устанавливаются позже – обычным стреловым краном. Железнодорожный временный путь на эстакаде при первом варианте организации работ может быть решен в предельно упрощенном виде и состоять только из рельсов, связанных жесткими стальными распорками. Средний блок пролетного строения устанавливается в сборе со звеном такого пути. Этим приемом обеспечивается исключение расходов на шпалы и ускорение монтажа.

Эстакада, законченная первичным монтажом, открывается под движение рабочих поездов, обслуживающих строительство дороги, что показывает весьма ценные организационные возможности. К этому моменту сооружение будет уже в достаточной степени обкатано нагрузкой от монтажного агрегата и вагонами, подвозящими к нему конструкции эстакады. Если для других рабочих поездов выделить лишь определенные часы суток, то в остальное время можно заниматься контрольными испытаниями опор, усилением свай, заполнением их полостей и омоноличиванием стыков. Для длинных эстакад эти работы могут частично быть совмещены во времени с головным монтажом – в интервалах между относительно редкими подачами вагонов с конструкциями эстакады.

На основании вышеизложенного проработана новая конструкция железнодорожной эстакады для перехода болот глубиной до 5–6 м. Грунт минерального дна принят глинистым с коэффициентом консистенции $I_L = 0,4$. Относительно небольшая глубина болота позволила принять разбивку сооружения на малые пролеты и предельно упростить схему опор. Для сопротивления продольным горизонтальным нагрузкам плоские двухсвайные опоры попарно соединены ригелями с образованием жестких пространственных рам.

Варианты эстакады с пролетами по 12,5 м на пространственных опорах с четырьмя вертикальными или наклонными сваями такого же сечения оказались менее экономичными. Очевидна также большая сложность монтажа из-за увеличенных размеров и массы элементов, а также проблематичность контроля несущей способности четырехсвайных пространственных опор.

Пролетные строения длиной 6,25 м приняты безбалластной конструкции с непосредственным креплением рельсов к железобетонной плите, цельноперевозимой, с приставными тротуарами. В консольных частях плиты необходимо предусмотреть вырезы, открывающие доступ к отверстиям в оголовках опор и полостям свай.

Список литературы

1 Государственная программа развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 годы : постановление Совета Министров Республики Беларусь 28.04.2016 № 345, с изм. и доп. / Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь [Электронный ресурс] /. – Режим доступа : pravo.by. – Дата доступа : 19.05.19.

2 Довгелюк, Н. В. Эстакады на болотах / Н. В. Довгелюк, Д. Н. Добровольский, М. А. Масловская // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексе : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Брянск, 2015. – С. 204–208.

УДК 625.7/8:691.175.5/8

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ТЕРМОПЛАСТКОМПОЗИТОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Д. И. БОЧКАРЁВ, П. А. КАЦУБО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В течение последних лет полимерные материалы нашли применение во всех сферах строительства и стали конкурентоспособными по отношению к таким материалам, как бетон, асфальтобетон, металл, дерево и керамика. На сегодня трудно представить развитие современных технологий без использования новых полимерных материалов.

В мире для производства пластмасс используется порядка 4 % нефтепродуктов. При этом любое изменение стоимости энергоносителей на мировом рынке оказывает огромное влияние на производство пластмасс [1].

В то же время наряду с возрастающими потребностями в пластмассах наблюдается тенденция к уменьшению натуральных ресурсов, что может стать барьером для дальнейшего развития и производства полимерных материалов. Поэтому в последние годы большое внимание уделяется проблемам рециклинга, так как это представляется одним из эффективных способов получения новых материалов, экономии энергии и сырья [2].

В данном направлении представляют интерес исследования термoplastкомпози́тов (ТПК), которые могут использоваться в качестве дорожно-строительных материалов, не содержащих битумное вяжущее, а их физико-механические и эксплуатационные свойства выше, чем у традиционных материалов для автомобильных дорог, также могут реализовать новые технологические процессы строительства и ремонта.

Проведенные исследования физико-механических свойств ТПК показывают, что измельченные отходы полиэтилена и полипропилена могут успешно применяться в качестве наполнителей для ТПК. Обладая низкой плотностью и хорошо развитой поверхностью, они обеспечивают в композите формирование прочного адгезионного взаимодействия, что, соответственно, способствует получению стабильного уровня физико-механических свойств.

Важным фактором, определяющим структурообразование в наполненных полимерных системах, является полное смачивание всей поверхности наполнителя полимером. Взаимодействие полимера и наполнителя – основное условие усиления полимеров при введении наполнителей, а адгезия полимера к поверхности наполнителя – один из основных факторов, определяющих физико-механические свойства наполненных систем [3].

При применении ТПК в дорожном покрытии основным фактором, влияющим на эксплуатационные характеристики, является низкая атмосферостойкость, в особенности при воздействии ультрафиолетового излучения. Существующие недостатки могут решаться введением в состав композитов различных модификаторов.

Одним из методов при регулировании адгезионного взаимодействия является модифицирование поверхностей минеральных наполнителей, что обеспечивает прочную связь молекул полимера с поверхностью наполнителя. К основным методам модифицирования можно отнести: химическую, способствующую лучшей адгезии полимера и поверхности наполнителя, механохимическую, обеспечивающую поверхностную активацию частиц наполнителя, термическую и плазмохимическую [4].

Одним из решений проблемы защиты от световой энергии является введение в полимеры светостабилизаторов (применяют производные салициловой кислоты, производные бензофенона, бензотриазолы [5]). Введение таких добавок повышает стабильность полимеров, стойкость его к внешним воздействиям и увеличивает сроки их эксплуатации [6].

Все эти модификаторы находят свое применение в составах ТПК, используемых для формовочных изделий. Одним из недостатков при применении в дорожном покрытии является высокая стоимость, вследствие чего увеличивается и стоимость готовой смеси.

Наиболее оптимальным по ценовому фактору и взаимодействию с полиолефинами является углерод технический, который используется как замедлитель процесса старения у пластмассы. Он способен придавать материалу специальные свойства: электропроводимость развивает способность к поглощению ультрафиолетового излучения и излучения радаров [7].

Большое количество стабилизирующих веществ указывает, прежде всего, на необходимость проведения исследований по их оптимальному выбору для защиты полимеров в составе ТПК от воздействия атмосферных факторов путем снижения окислительных процессов при эксплуатации в дорожном строительстве.

Проведенные исследования физико-механических свойств ТПК состава рецептур: песок (земля горелая формовочная) – 52 %, полиэтилен и полипропилен – 47 % и углерод технический – 1 % – свидетельствуют, что полученные характеристики в сравнении с асфальтобетоном имеют значительные преимущества.

Рассмотрены технические решения применения вторичных материалов в дорожном строительстве, а также методы повышения физико-механических и эксплуатационных свойств ТПК путем введения различных модификаторов. Такой подход предполагает их эффективную эксплуатацию на ответственных участках автомобильных дорог в качестве дорожного покрытия.

Список литературы

- 1 Шаповалов, В. М. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных материалов / В. М. Шаповалов, З. Л. Тартаковский ; под общ. ред. чл.-кор. НАН Беларуси Ю. М. Плескачевского. – Гомель : ИММС НАН Беларуси, 2003. – 262 с.

2 Носов, К. С. Высоконаполненные полимер-минеральные композиты и технология получения из них технических изделий для жилищно-коммунального хозяйства и строительства, обзор / К. С. Носов, В. М. Шаповалов // *Материалы. Технологии. Инструменты.* – 2013. – Т. 18. – № 4. – С. 63–70.

3 Шаповалов, В. М. Технология полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и изделий / В. М. Шаповалов. – Минск : Беларуская навука, 2010. – 453 с.

4 Пат. 2170716 Российская Федерация, МПК⁷ С 04В 26/02, В29В 17/00. Песчано-полимерный материал / А. М. Тарасенко, А.И. Жуков, М. Манес ; заявитель Тарасенко Александр Михайлович. – № 2000116996/12; заявл. 30.06.2000 ; опубл. 20.07.2001.

5 Пат. № 2185397 Российская Федерация, МПК С08L9/00. Термопластичная композиция и способ её получения / С. И. Вольсон, Ю. М. Казаков, В. П. Дорожин, Д. В. Щебаков; заявитель: С. И. Вольсон. – № 2185397; заявл.: 07.12.1999; опуб.: 20.07.2002.

6 Справочник по химии полимеров / Ю. С. Липатов [и др.] // *Наукова думка.* – Киев, 1971. – 536 с.

7 Маския, Л. Добавки для пластических масс / Л. Маския. – М., 1978. – 184 с.

УДК 624.072.21.7

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ШПАЛЫ ИЗ ТЕРМОПЛАСТКОМПОЗИТА

Д. И. БОЧКАРЁВ, А. С. ПОСТНИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Шпалы являются важным элементом верхнего строения пути. С ростом осевых нагрузок и скоростей движения поездов возрастает интенсивность их износа и, как следствие, повышаются требования к эксплуатационным характеристикам. В настоящее время широко используются деревянные шпалы, которые благодаря естественной упругости выдерживают высокие осевые нагрузки. В то же время, несмотря на различные технологии антисептической пропитки, деревянные шпалы имеют невысокую долговечность (8–10 лет), а также не в полной мере обеспечивают стабильность ширины рельсовой колеи. Железобетонные шпалы обеспечивают значительно больший срок службы, однако вследствие их высокой жесткости увеличивается объем выправки пути по уровню на 20–25 % по сравнению с деревянными шпалами, а также рост в 2–3 раза выходов из строя рельсов по стыковым дефектам. Кроме того, железобетонные шпалы имеют более высокую стоимость, невысокую прочность под воздействием изгибающих моментов при действии поездной нагрузки и недостаточную долговечность при эксплуатации в агрессивной и коррозионно-активной среде.

В качестве альтернативы традиционным материалам для изготовления шпал может быть использован термопласткомполит, содержащий песок в качестве наполнителя, термопластичный полимер в качестве связующего и полифункциональные добавки. Компоненты могут быть получены из местных сырьевых источников, в том числе посредством переработки производственных отходов. Технологический процесс изготовления шпалы из данного материала включает в себя прессование с одновременной термообработкой термопласткомполитной массы. Полученный композиционный материал имеет физико-механические свойства, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики материалов для изготовления шпал

Параметр	Материал		
	Дерево (сосна) с 15%-ной влажностью	Бетон В40 ГОСТ 26633	Термопласткомполит
Плотность, кг/м ³	513	2250	1620
Модуль упругости, МПа	8800	17854	1610
Коэффициент Пуассона	0,02 (при напряжениях, направленных поперек волокон)	0,17	0,39
Модуль сдвига, МПа	500	–	580
Предел прочности при сжатии, МПа	34,8	51,39	19,9
Предел прочности при изгибе, МПа	71,8	5,65	15,9
Водопоглощение по массе, %	30 (для пропитанной антисептиком)	8	0,6
Морозостойкость	–	F300	F500

Исследование напряженно-деформированного состояния шпалы из термопласткомполита осуществлялось методом математического моделирования системы «шпала – основание» с выводом результатов в численном и графическом виде с использованием универсальной программной системы конечно-элементного (МКЭ) анализа. Для оценки точности полученных решений проводи-

лась серия расчетов на сетках, отличающихся размером и количеством ячеек. При оценке результатов использовалась градиентная окраска распределения перемещений и напряжений по объему конструкции. Одновременно рассматривались две конструкции шпалы – без армирования и с армированием (рисунки 1–3).

При моделировании контактные пары в скреплениях заданы через трение. Жесткое соединение предусмотрено только в арматуре скреплений, соединяющей с телом шпалы. В качестве армирования предусмотрены 5 стержней диаметром 12,0 мм, уложенных на расстоянии 25 мм от нижней поверхности подошвы. Поездная нагрузка принималась равной 225 кН, умножалась на коэффициент надежности для подвижной нагрузки 1,5 (согласно EN 1991) и на динамический коэффициент 1,2 (аналогично мостовым сооружениям). Таким образом, общее значение нагрузки принималось равным 405 кН.

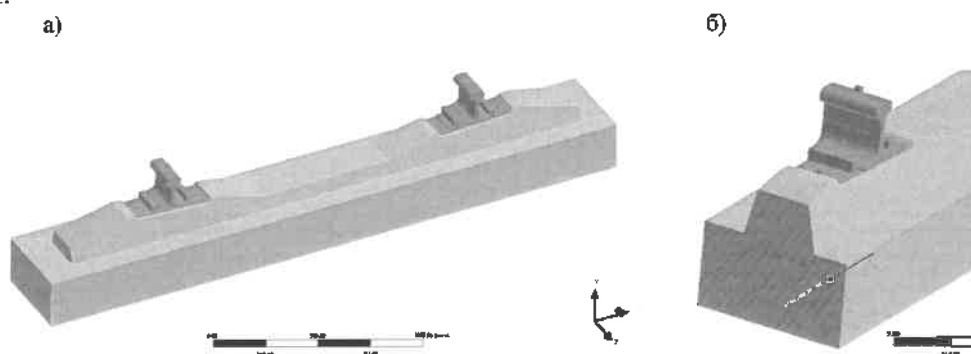


Рисунок 1 – Расчетная модель шпалы из термопласткомпозиата без армирования (а) и с армированием (б)

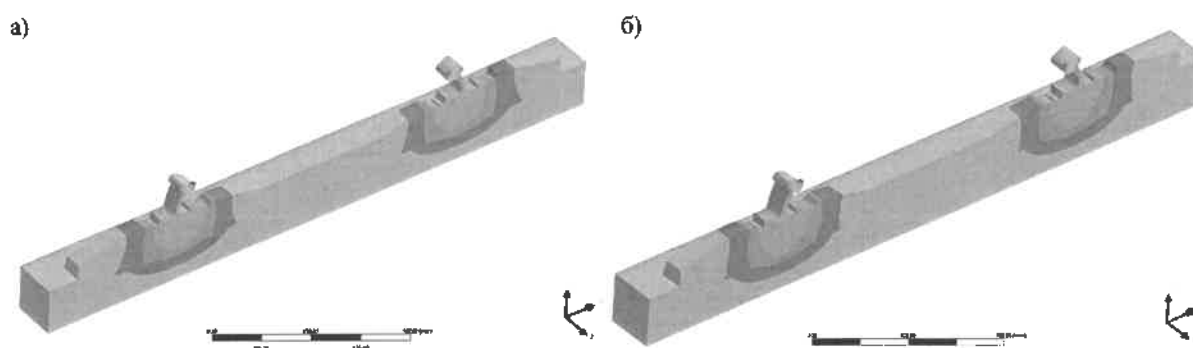


Рисунок 2 – Деформации модели шпалы из термопласткомпозиата без армирования (а) и с армированием (б)

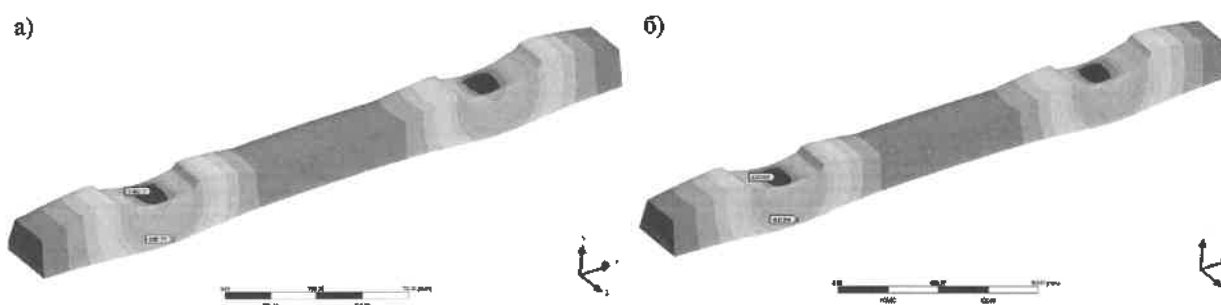


Рисунок 3 – Деформации шпалы из термопласткомпозиата без армирования (а) и с армированием (б)

Анализ деформаций шпал показывает, что существенных отличий в схемах деформирования шпал с армированием и без армирования нет, что является следствием низкого модуля упругости термопласткомпозиата. Однако характер распределения напряжений при появлении армирования значительно меняется (рисунок 4).

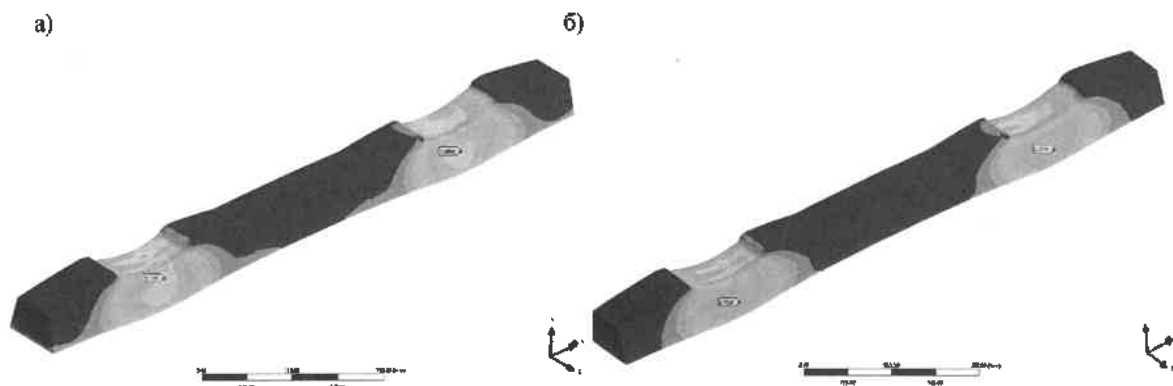


Рисунок 4 – Эквивалентные напряжения по критерию Мизеса в модели шпалы без армирования (а) и с армированием (б)

При изучении полученных напряжений считаем, что термопласткомпозит абсолютно изотропный материал. В модели шпалы с армированием наблюдается падение напряжений на 10 % даже в той зоне, на которую прямого влияния оно оказывать не может. Кроме того, при армировании меняется характер распределения напряжений, что особенно видно на подошве шпалы (рисунок 5).

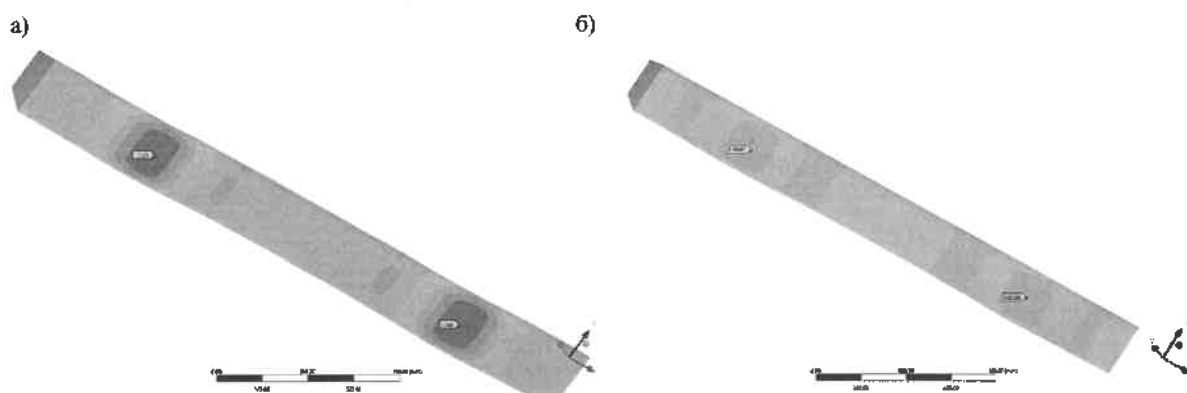


Рисунок 5 – Распределение нормальных напряжений по подошве шпалы на модели без армирования (а) и с армированием (б)

Таким образом, для нормальной работы шпалы под действием поездной нагрузки необходимо армирование по схеме, принятой выше. Распределение нормальных напряжений по модели шпалы с армированием и напряжения в арматуре представлены на рисунке 6.

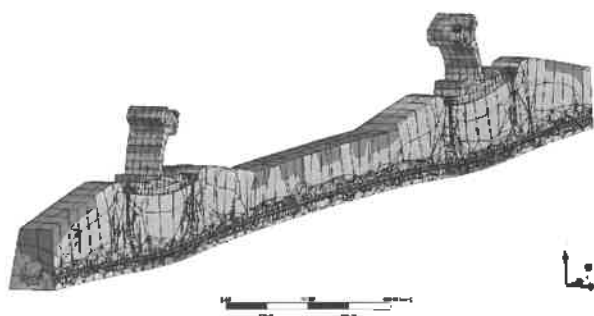


Рисунок 6 – Распределение нормальных напряжений по модели с армированием, напряжения в арматуре

Таким образом, результаты проведенного математического моделирования показывают возможность эксплуатации шпал из термопласткомпозита под действием современных поездных нагрузок, позволяют получить значения возникающих в материале шпалы силовых факторов и предложить оптимальную для ее изготовления конструкцию с учетом физико-механических свойств материала.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО И АВТОНОМНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Д. И. БОЖКАРЁВ, Д. С. ПУПАЧЁВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Автоматизированное управление рабочими процессами как одно из направлений совершенствования конструкций строительных и дорожных машин на сегодня является неотъемлемым атрибутом любой конкурентоспособной техники. Оно способствует оптимизации режимов эксплуатации, повышает качество и темпы строительства, снижает трудоемкость и стоимость работ, улучшает и облегчает условия труда оператора. Кроме того, современные интеллектуальные системы позволяют машинам адаптироваться к изменяющимся условиям работы и окружающей среды.

Существующие на данный момент системы автоматизации дорожно-строительных машин можно разделить на две категории:

– «grade control» – система, которая определяет и регулирует положение только рабочего органа при проведении планировочных работ, разработке грунта и т. д.;

– «machine control» – интеллектуальный комплекс, который помимо определения и регулировки продольного и поперечного углового положения рабочего органа также контролирует и передает как оператору, так и диспетчеру системы мониторинга координаты машины на строительной площадке, в т. ч. и по высотным отметкам, на основе цифровой модели проекта и информации, передаваемой системами позиционирования.

Первые системы автоматизации рабочих процессов строительных и дорожных машин начали производиться ещё в 70–80-х годах прошлого века, в том числе и в СССР. Там широкое распространение получили комплекты унифицированных приборов агрегатированных комплексов автоматической аппаратуры «Стабилоплан», «Автоплан», «Профиль» и др., разработанные в НИИСтройдормаш. Конструктивно они представляли собой наборов маятниковых датчиков, копирных систем (жестких или более совершенных лазерных), контролирующих положение рабочего органа, а также систем защиты двигателя от перегрузок [1].

На сегодня аналогичные системы автоматизации, именуемые 2D системами нивелирования, также находят широкое применение. Этому способствует ряд преимуществ, к которым можно отнести простоту эксплуатации, легкость в освоении и низкую стоимость. Кроме того, они получили дальнейшее развитие посредством внедрения в состав копирной системы ультразвуковых датчиков, обеспечивающих достаточно высокую точность выполняемых работ и возможность использования в качестве опорных поверхностей не только струны, но и бортовые камни или другие подготовленные стандартные основания.

Более технологичные и дорогостоящие 3D интеллектуальные системы используют цифровую модель проекта строительной площадки, разработанную в специализированных САД-программах, для практически полностью автоматического управления положением рабочего органа. Оператору необходимо только выбирать направление главного движения машины. При этом исключаются вероятность ошибки машиниста, обеспечивается возможность формирования машиной достаточно сложных поверхностей с высокой точностью итогового результата.

В комплект данных интеллектуальных комплексов помимо наборов датчиков с акселерометрами, оптических приемных устройств сигналов геодезического оборудования, блоков управления и док-станций бортовых компьютеров также входят антенны для приема информации с систем позиционирования. Так, по методу определения координат можно выделить:

– GNSS системы (Global Navigation Satellite System) – для позиционирования рабочего органа машины используются измерения по спутниковым сигналам систем ГЛОНАСС и GPS в режиме реального времени;

– mmGPS системы (Millimeter-GPS) – для позиционирования рабочего органа машины используются спутниковые измерения совместно с данными от проецируемой излучателем лазерной плоскости;

– LPS системы (Local Positioning System) – для позиционирования рабочего оборудования используется роботизированный электронный тахеометр, следящий за круговой призмой, зафиксированной на машине с помощью мачты.

Стоит отметить, что текущий уровень развития бортовых компьютеров и их вычислительных мощностей, а также наличие высокоточных сканеров и датчиков создают все условия для разработки полностью автоматизированных машин, снабженных «автопилотом». Ключевую роль в этом процессе играет и специальное программное обеспечение (ПО).

Исходя из стандартов SAE автоматизированное управление можно разделить на 6 уровней, где «0» – это отсутствие автоматизации, а «5» – полный автопилот с возможностью работы в любых условиях без участия человека (в настоящее время он не достижим). Так, отмеченные выше системы автоматизированного управления типа «grade control» и «machine control» представляют собой лишь второй уровень развития. Однако в настоящий момент ряд фирм, в том числе и из СНГ стремятся к созданию «автопилота» для строительных и дорожных машин четвертого уровня, функционирующего на определенном рабочем пространстве.

Ещё в 2017 году фирма Built Robotics презентовала полностью автоматизированный погрузчик гусеничного типа с бортовым поворотом, способный самостоятельно выполнять все необходимые функции без участия оператора. Используя в дальнейшем отмеченные технические наработки, уже к 2019 году она представила системы «автопилотов» для более крупной и мощной техники – бульдозеров и экскаваторов (рисунок 1). Ключевая особенность проекта – производство комплектов автоматизации, агрегируемых с различными машинами [2].

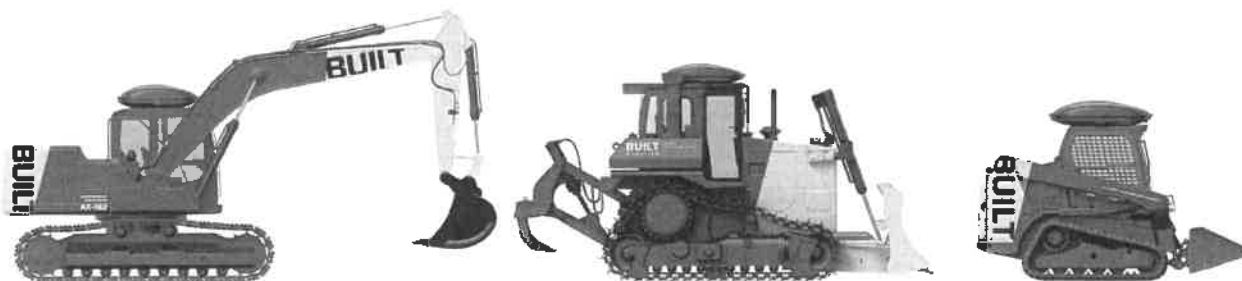


Рисунок 1 – Комплект машин Built Robotics

Комплект оборудования для модернизации существующей строительной техники включает в себя GPS и Wi-Fi-приемники, оптические дальномеры LIDAR (от англ. Light Identification Detection and Ranging – обнаружение, идентификация и определение дальности с помощью света), а также системы распознавания образов.

Алгоритм функционирования использует информацию со смонтированных на корпусе видеокamer, постоянно контролирующей рабочую зону, и бортовых датчиков. Как следствие, при обнаружении в рабочем пространстве каких-либо посторонних объектов (людей, животных, других машин) или несоответствий с информацией, указанной в цифровом проекте работ, обеспечивается автоматическая остановка и выключение машины. Кроме того, для предупреждения аварийных ситуаций существует возможность принудительного дистанционного отключения.

Прошедшая в этом году выставка Bauma 2019 также показала заинтересованность крупных производителей в разработке и производстве специализированной техники, оборудованной системами автоматического управления.

Так, на ней был впервые представлен концепт автономного катка «Robomag» от немецкой фирмы «Bomag» (рисунок 2). Отмеченная машина может работать как в полностью автоматическом режиме, так и под управлением оператора, использующего беспроводной пульт. При работе в автоматическом режиме роботизированный каток использует комплекс датчиков позиционирования и дальномер LIDAR. «Автопилот» робокатка получает информацию о положении, окружающей обстановке и перемещении, используя комбинацию различных технологий для пространственной ориентации, восприятия окружающей среды и безопасности.



Рисунок 2 – Общий вид катка Bomag Robomag

Там же фирма «Liebherr» представила концепт автономного бульдозера 7XX. Особенностью данного инновационного транспорта «стройплощадки будущего» явилась дистанционная модель управления, позволяющая при этом мгновенно переключаться между несколькими транспортными единицами. Важной составляющей этого концепта выступила система INTUSI (INTuitive User Interface), подключающая строительную технику к Интернету вещей, или Умному Интернету. Она, в последующем, будет использоваться на всех землеройных и погрузочно-разгрузочных машинах фирмы «Liebherr».

Как отмечалось выше, исключительная роль в функционировании «автопилотируемых» транспортных средств отводится специализированному программному обеспечению. Ещё в 2015 году фирма «AUTONOMOUS Solutions» (ASI) разработала и представила ПО универсального «автопилота» Mobius стандарта SAE-AS4 (JAUS), способного работать как с легковыми автомобилями и грузовиками, так и со строительной, сельскохозяйственной и индустриальной техникой, оборудованной комплектом необходимых датчиков и устройств [3].

Среди отличительных особенностей данного продукта – возможность контроля и мониторинга нескольких беспилотных систем, встроенные инструменты для создания и редактирования карты района действия беспилотных объектов, легкость расстановки и задачи маршрутных точек для передвижения вкупе с простым и понятным интерфейсом (рисунок 3). Благодаря использованию открытого протокола JAUS (Joint Architecture for Unmanned Systems), Mobius может использоваться для управления транспортными средствами различных фирм-производителей.

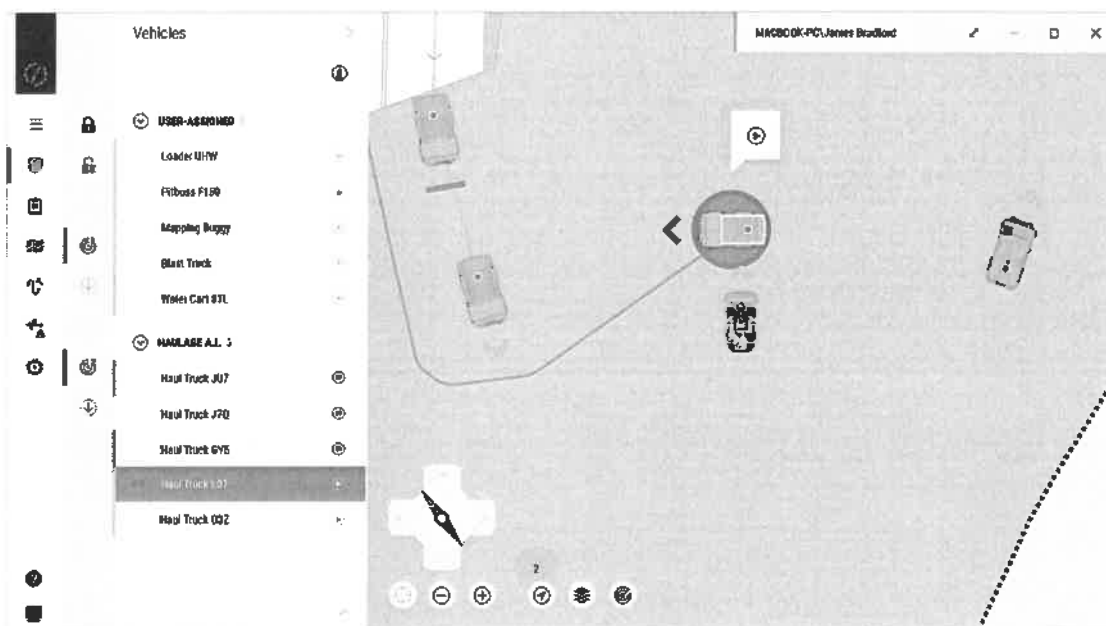


Рисунок 3 – Интерфейс ASI Mobius

Аналогичная технология была представлена в России в 2017 году в виде проекта Агробот Robotics – «Agrobot». Разработанная изначально для автоматизации машин для сельского хозяйства, данная система в процессе совершенствования начала охватывать всё большую сферу применения (беспилотные транспортные и пассажирские перевозки, пилотирование спецтехники).

Российский «автопилот» способен выполнять автономное движение и маневрирование в зависимости от задачи и обстановки, распознавать препятствия и пешеходов, взаимодействовать с другими участниками движения. Ключевая особенность системы – использование принципов машинного обучения. Она может работать как в режиме «помощника водителя», когда основное управление осуществляет человек на водительском месте, так и в режиме полного автопилота, когда водитель отсутствует.

Сегодня в сферу автоматизированного и автономного управления постепенно приходит концепция автоматизации не просто одиночной машины, но возможность её взаимодействия и «общения» с другими транспортными средствами посредством облачных хранилищ. Этому способствует развитие транспортной телематики и внедрение сетей связи 5G.

Обмен информации между машинами, а также машинами и транспортной инфраструктурой, в частности при помощи систем Car-2-Car, Car-2X и их аналогов, в последующем позволит снизить общую аварийность и повысить безопасность всех транспортных средств без исключения [4]. Например, в дорожно-строительной сфере эта технология позволит соответствующим службам оперативно реагировать на изменяющиеся дорожные условия и определять наиболее опасные участки (с образованием гололеда, глубокого снега, значительных водных преград, повреждением или разрушением дорожного покрытия и т. д.), где требуется их вмешательство, исходя из информации полученной непосредственно от участников движения. Новая технология связи 5G при этом обеспечит высокую пропускную способность и скорость передачи данных, снизит энергопотребление в используемых устройствах и минимизирует задержки сигнала для движущихся объектов, расширит радиус зоны покрытия одной вышкой. Уже в 2019 году подразделение Volvo Construction Equipment начало тестирование системы взаимодействия беспилотного промышленного транспорта на её основе. Цель испытаний – проверка работы экспериментальных образцов техники с возможностью дальнейшей разработки решений в областях дистанционного управления строительной техникой и полностью автоматизированных решений [5].

Список литературы

- 1 Добронравов, С. С. Строительные машины и основы автоматизации : учеб. для строительных вузов / С. С. Добронравов, В. Г. Дронов. – М. : Высш. шк., 2001. – 575 с.
- 2 Tremblay, B. Built Robotics builds upon its fleet of autonomous heavy equipment / B. Tremblay // Equipment Journal. – 2019. – Is. 9. – P. 7.
- 3 Mobius. Universal control for Unmanned Systems. Brochure. – Petersboro : Autonomous Solutions Inc. – 2015. – 8 p.
- 4 Car-2-Car Communication Consortium Manifesto. – Braunschweig : C2C-CC System. – 2007. – 94 p.
- 5 Werner, A. VOLVO CE Pilots Pioneering Technology / A. Werner // Spirit. Volvo Construction Equipment Magazine. – 2019. – № 1. – P. 37.

УДК 625.144.5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ПЛЕТЕЙ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ

А. Т. БУСЬКО

ЭРУП «Путевая машинная станция № 116», г. Гомель, Республика Беларусь

В. А. ДОВГЯЛО, В. Л. МОИСЕЕНКО, Д. С. ПУПАЧЁВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Разработка и внедрение новых технологий и устройств, а также их реализация в путевом хозяйстве в значительной степени влияют на долговечность железнодорожного пути [1–3]. Переход на более мощную конструкцию верхнего строения и применение технологии укладки бесстыкового пути, широкая механизация путевых работ, внедрение прогрессивных информационных и ресурсосберегающих технологий являются основой дальнейшего развития Белорусской железной дороги.

Важным этапом процесса модернизации железнодорожного пути стал переход от традиционных клеммно-болтовых креплений (советской системы) типа КБ к разработкам рельсовых креплений пружинного типа. На Белорусской железной дороге было принято решение об использовании анкерного крепления для железобетонных шпал типа СБ-3. В данном креплении в качестве крепежного элемента используют монтажный анкер, закрепленный в основании шпалы. Рельс фиксируют на подрельсовом основании при помощи пружинной клеммы и комплекта изолирующих вкладышей, а под основание рельса дополнительно подкладывают эластичную подрельсовую прокладку.

Конструкция СБ-3 проста и удобна при монтаже и эксплуатации, обеспечивает надежность и упругость крепления, значительно сокращает трудозатраты и расходы на текущее содержание пути, а также снижает его общую материалоемкость. Так, при укладке 1 км пути со креплением СБ-3 по сравнению с КБ экономия металла составляет до 40 тонн. Кроме того, данное крепление не имеет резьбовых соединений, подверженных в процессе эксплуатации срывам и коррозии и, как следствие, не требует постоянного контроля и обслуживания (подтягивания и смазки). Сравнительный анализ рельсовых креплений СБ-3 и КБ, представленный в таблице 1, подтверждает многочисленные достоинства отмеченных креплений пружинного типа.

Для успешной эксплуатации железных дорог усовершенствованной конструкции необходим соответствующий ремонтно-эксплуатационный комплекс путевого хозяйства, современное оборудование, технологии и методики ремонтно-путевых работ, направленные на снижение расходов при ремонте и текущем содержании пути.

При эксплуатации бесстыкового пути на скреплениях СБ-3 было установлено, что в кривых участках рельсовые плети, подверженные интенсивному боковому износу, подлежат только полной замене, поскольку отсутствует необходимое оборудование, способное производить их перекладку с заменой положения рабочего канта. Это ведет к значительным эксплуатационным расходам.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика скреплений КБ и СБ-3

Показатель	Скрепление	
	КБ	СБ-3
1 Тип применяемого рельса	Р-65, Р-50	Р-65, Р-50
2 Количество деталей узла скрепления на 1 узел, шт.	21	7
3 Металлоемкость на 1 узел скрепления, кг	11,4	4,0
4 Нормативный ресурс скрепления, млн т брутто	600	600
5 Скорость движения максимальная, км/ч	140	180
6 Стоимость одного узла, у. е.	64	47
7 Производство	Республика Беларусь, РФ	Республика Беларусь

Между тем для соединений типа КБ существует несколько различных по конструкции приспособлений, способных производить операцию перекладки плетей. В общем виде (рисунок 1) они представляют собой салазки рамной конструкции 2, имеющие полозья 1, устанавливаемые на подкладки шпал и направляемые ребрами подкладок при движении. Ролики 3 и 4, расположенные относительно друг друга со смещением по уровню, обеспечивают пропуск одного рельса над другим, а ограничительные ролики 5 и пластина 6 фиксируют перекладываемый рельс в нужном положении. Однако их применение на скреплениях пружинного типа невозможно из-за наличия конструктивных различий в верхнем строении пути.

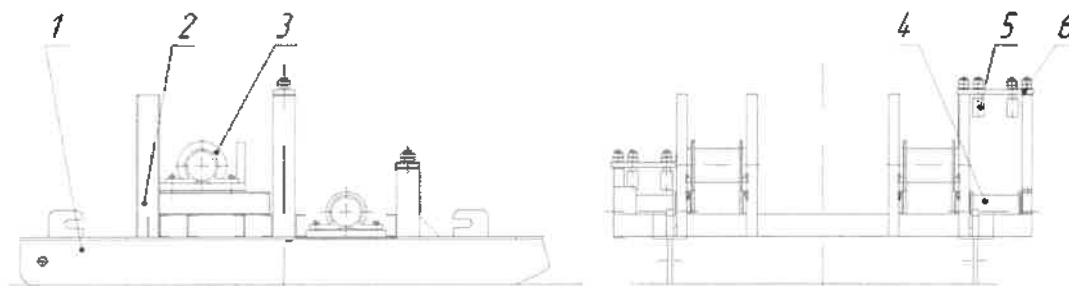


Рисунок 1 – Салазки для перекладки плетей бесстыкового пути на скреплениях КБ:

1 – полозья; 2 – рама; 3 – внутренний ролик; 4 – наружный ролик; 5 – ограничительный ролик; 6 – ограничительная пластина

Поэтому для реализации полного ресурса плетей бесстыкового пути на скреплениях СБ-3 было разработано специализированное приспособление для смены рабочего канта рельсов.

Для обеспечения высокой точности и снижения сроков проектирования разработку проекта по созданию экспериментального устройства вели в САПР Autodesk Inventor. В качестве исходных данных при разработке были заданы следующие параметры: шпалы со скреплением типа СБ, максимальная нагрузка на устройство – до 2 тонн, возможность работы в кривых – до 300 м, рабочая скорость – до 5 км/ч.

В ходе исследований были получены модели устройств, изображенные на рисунке 2. Спроектированный вариант устройства представляет собой набор из двух салазок, при этом:

- тележка № 1 (рисунок 3, а) предназначена для плавной предварительной подъёмки и поддержки рельсовых плетей, а также снижения общей нагрузки на несущие элементы устройства;
- тележка № 2 (рисунок 3, б) осуществляет перекладку рельсовых плетей со сменой их рабочего канта.

При проектировании устройства были использованы типовые элементы, применяемые на предприятиях путевого хозяйства Белорусской железной дороги. Рамы 1 салазок сварные с установленными на них откидными стойками 2, а также опорными 3 и противокантовочными 4 роликами (в

зависимости от типа тележки). Перемещение по шпалам осуществляется за счёт двенадцати пар колес 5 (на каждой тележке) с полимерным покрытием, обеспечивающих оптимальную устойчивость и виброшумоизоляцию и смонтированных на направляющих 6, задающих правильное расположение салазок между анкерами при движении как на прямых, так и в кривых участках.

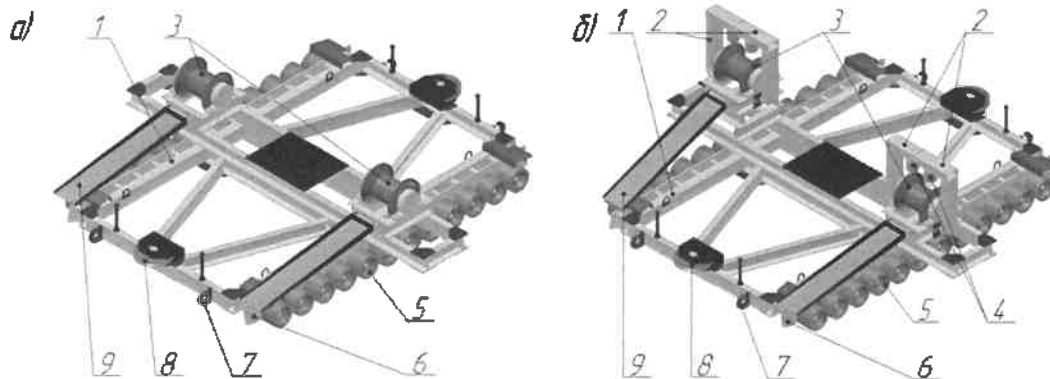


Рисунок 2 – Общий вид экспериментального устройства:
 а – тележка предварительной подъёмки и поддержки; б – тележка для перекладки;
 1 – рама; 2 – стойка; 3 – опорный ролик; 4 – противокантовочный ролик; 5 – колесо;
 6 – направляющая; 7 – крюк; 8 – блок; 9 – желоб

Тележки являются самоходными с приводом от мотовоза или автомотрисы посредством тросовых растяжек, зафиксированных на крюках 7 или уравнительных блоках 8 тележки. Для защиты ходовой части тележек от ниспадающих рельсов предусмотрены специальные защитные желоба 9.

На основании предложенного проекта в ЭРУП «Путевая машинная станция № 116» был изготовлен опытный образец устройства, который успешно прошёл предварительные испытания на перегоне Гомель–Северный – Гомель, где доказал свою работоспособность.

Дальнейшее внедрение и производство отмеченного устройства на предприятиях путевого хозяйства Белорусской железной дороги позволит в значительной степени повысить срок службы рельсов, уменьшить периодичность выполнения промежуточных ремонтов и, как следствие, увеличить эффективность работы объектов железнодорожной дороги.

Список литературы

- 1 Крейнис, З. Л. Бесстыковой путь. Ч. 1. Как устроен и работает бесстыковой путь : учеб. пособие / З. Л. Крейнис, Н. Е. Селезнева ; под ред. проф. З. Л. Крейниса. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2009. – 84 с.
- 2 Крейнис, З. Л. Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути : учеб. для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. / З. Л. Крейнис, Н. П. Коршикова. – М. : УМК МПС России, 2001. – 768 с.
- 3 Путьевые машины : учеб. / М. В. Попович [и др.] ; под ред. М. В. Поповича, В. М. Бугаенко. – М. : Учеб. метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2009. – 820 с.

УДК 621.794:656.0

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТЯЩЕЙСЯ КРАСКИ В ТРАНСПОРТНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Ю. Н. ВОРОБЬЕВ

КУП «Минский метрополитен», Республика Беларусь

Н. Ю. ГУБЕНСКИЙ, А. Ю. СУДНИКОВИЧ

Путевая машинная станция № 71 Белорусской железной дороги, г. п. Радошковичи

А. С. БРАТИКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проблема безопасности движения на железнодорожном транспорте с каждым годом становится всё более актуальной, а поэтому любые методы и способы её решения представляют огромный интерес. К инновационным методам решения данной проблемы относится применение светящейся

краски во всей железнодорожной инфраструктуре, т. к. железнодорожный транспорт работает все 24 часа в сутки.

Применение такой краски актуально для железнодорожных станций, железнодорожных мостов, подвижного состава, путевых дорожных знаков, пешеходных переходов через железнодорожные пути, а также для путевых железнодорожных машин.

Железнодорожные станции являются основными производственно-хозяйственными единицами инфраструктуры железнодорожного комплекса, они выполняют множество сложных операций, связанных с обслуживанием грузового движения и пассажиров. Использование светящейся краски в темное время суток является не просто дополнительным удобством, а требованием для обеспечения безопасности перевозочного процесса.

На зданиях пассажирских станций можно отображать названия населенных пунктов, декоративные элементы, условные обозначения и указатели. Наиболее опасным местом на железнодорожной станции является платформа. Обозначение края платформы светящейся краской повысит безопасность пассажиров, прибывающих в ночное время.

Пассажиры, прибывающие и отправляющиеся ночью с дальних платформ, оценят удобство, а главное – безопасность светящихся перил и лестниц.

Не стоит забывать и о пешеходных железнодорожных мостах, которые также нуждаются в дополнительных мерах безопасности, связанных с нахождением людей на высоте и в местах движения подвижных составов.

Нанесение светящейся краски на перила и края ступенек сделает их заметными. Они будут светиться в темноте, что обеспечит комфортное перемещение пассажиров, а также работников станции.

Ремонтные работы на железнодорожных путях проходят круглосуточно, и приоритетной задачей является сохранение жизней работников ремонтных бригад и другого обслуживающего персонала. Особенностью таких работ является большая протяженность и наличие путей с интенсивным разносторонним движением, малые расстояния между подвижным составом и сооружениями, ограниченный обзор, низкая освещенность рабочей зоны в темное время суток.

Сигнальные указатели и знаки путевого ограждения могут быть освещаемыми и неосвещаемыми, но последние можно сделать светящимися, что обеспечит их заметность в темное время суток.

Еще одним опасным объектом на железнодорожном транспорте является подвижной состав. Для привлечения внимания пассажиров и повышения безопасности на электровозы и тепловозы наносятся яркие бросающиеся в глаза полосы на передней части кабины, которые служат визуальным сигналом о приближающемся подвижном составе.

Применение светящейся краски на железнодорожном транспорте повысит бдительность пассажиров, а также работников, тем самым позволит сократить количество несчастных случаев.

УДК 625.173.2/5

СЪЁМКА ПУТИ АВТОМАТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ ПУТЕВЫХ МАШИН И ВЫСОКОТОЧНЫМИ ПРИБОРАМИ

М. А. ГАВРИЛОВ, Д. Н. КУРГАН

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. акад. В. Лазаряна, Украина*

Состояние и работа железнодорожного пути во многом зависят от плана участка. Кривые составляют почти 30 % от общей длины железных дорог Украины, ограничивают скорость движения поездов и приводят к повышению эксплуатационных расходов. Контроль за состоянием плана железнодорожной линии и его своевременное исправление является одной из важнейших задач путевого хозяйства.

Пятьдесят лет назад к элементам пути было бережное отношение как при строительстве, так и при ремонтах и эксплуатации. Все измерения выполнялись специальными приемами, которые обеспечивают контроль точности, а положение пути в плане закреплялось специальными знаками. Такой подход позволял достаточно точно обеспечивать пространственное положение пути.

Для получения информации о состоянии существующего пути выполняется съёмка. К сожалению

нию, в вопросах съёмки существует ряд погрешностей как устоявшихся, так и новых. Как правило, принимается, что сама инструментальная съёмка является точной, а применение соответствующих математических методов ее обработки дает адекватный результат. Зачастую к выполнению съёмки плана относятся недостаточно профессионально, несмотря на то, что расходы на съёмку меньше затрат на рихтовку в сотни раз. Положительным моментом сегодняшнего финансово-экономического кризиса является то, что он заставляет отказываться от затратных и неэффективных технологий и решений.

Способы съёмки, применяемые на железных дорогах мира, можно условно разделить на «ручные» и «машинные». С ростом грузонапряженности и уменьшением времени «окон» предоставленных на ремонт и содержание пути необходимо создание или приобретение высокопроизводительной техники, которая сочетает в себе высокую производительность, качество и разумную стоимость. На этом пути механизации путевого хозяйства «Укрзалізниця» было существенно увеличено количество машин для контроля и исправления плана железнодорожного пути, что увеличило процент используемых «машинных» способов съёмки.

Сегодня, когда Украина идет по пути повышения скоростей движения пассажирских поездов и стремится (в условиях экономического кризиса) нести минимальные затраты на организацию движения и содержание пути, подход к контролю пространственного положения железнодорожного пути становится всё более актуальным.

Следует заметить, что в настоящее время при производстве работ в цепочке исследователь – проектировщик – инженер ПМС – инженер ПЧ каждое звено работает практически само по себе, без какой-либо реальной увязки с проектом. Часть этой вины лежит на проектировщиках, которые получают проектное решение в виде координатной модели в любой системе координат, но не предлагают ПМС и ПЧ систем, позволяющих реализовать и контролировать эти решения, как это реализовано в некоторых странах ЕС. На сегодня в Украине существуют аналогичные отечественные системы, но они не используются в промышленных масштабах, а ожидают финансирования для испытаний и внедрения.

В связи с этим возникает острая необходимость в систематизации вопросов контроля и паспортизации пространственного положения пути.

При этом необходимо решить следующие задачи:

- с достаточной точностью получать информацию о положении железнодорожного пути в пространстве;
- при проектировании получать проектные решения исключительно в виде цифровой модели;
- при ремонтах укладывать путь в соответствии с проектными решениями и контролировать выполнение этих работ;
- обеспечить надежный контроль положения пути в процессе эксплуатации.

В этих условиях очень важна оценка точности съёмки и выправки железнодорожных кривых выправочно-подбивочно-рихтовочными машинами, в первую очередь оснащенными системами автоматики. Под системами автоматики понимаются программно-аппаратные комплексы для анализа и контроля измерений состояния пути, выполнение расчетов параметров плана и профиля, корректировки этих расчетов и управления процессом рихтовки.

На сегодня в Украине используют несколько систем автоматики, установленных на путерихтовочных машинах. Механика системы съёмки пути в профиле путерихтовочной машины похожа на распространенный метод стрел в плане и отличается только несимметричностью плеч хорды (рисунок 1).

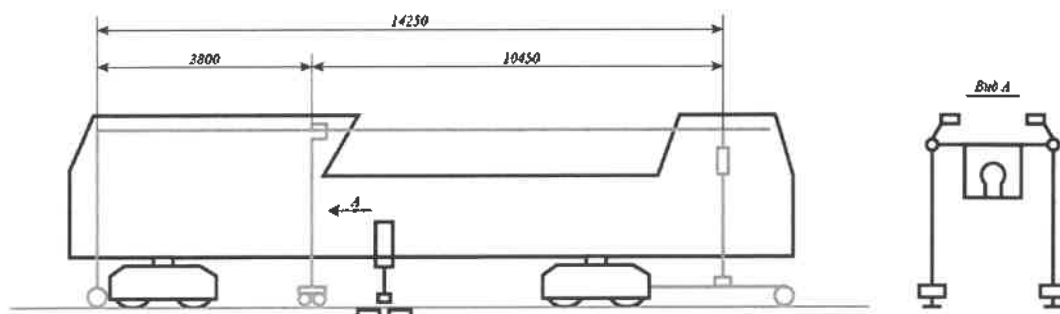


Рисунок 1 – Схема нивелировочной системы путерихтовочной машины типа ВПР

Одной из таких систем является разработка кафедры «Проектирование и строительство дорог» Днепровского национального университета железнодорожного транспорта – комплекс «Стрела», основанный на компьютерной программе «RWPlan», созданный доцентом И. П. Корженевичем. На сегодня комплекс «Стрела» установлен на нескольких машинах серии ВПР-02 и ВПРС (рисунок 2).



Рисунок 2 – Машина ВПР-02 с установленной системой «Стрела»

Во время разработки и настройки данной системы неоднократно проводились эксперименты по сравнению и анализу инструментальной и машинной методов съемки, в том числе с использованием высокоточных тахеометров.

Полученные результаты показали, что определение реального положения пути, даже с использованием современных технологий, остается сложной математической задачей, решение которой может быть получено только в конкретном диапазоне точности.

УДК 625.71.8:621.311

ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ – ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

В. В. ГОРБАЧЕВ

Гомельский областной исполнительный комитет, Республика Беларусь

Г. В. АХРАМЕНКО, В. А. ДУДОРГА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Сегодня тема энергоэффективности актуальна как никогда. Повышение энергоэффективности предполагает повышение конкуренции в промышленности, уменьшение объемов выбросов парниковых газов, снижение затрат на энергопотребление, повышение энергобезопасности как отдельных потребителей, так и отдельно взятых стран в целом. В настоящее время повышение энергоэффективности может стать основным вектором для инновационного развития страны, интеграции в международное экономико-политическое сотрудничество, уменьшения негативного воздействия на природную среду и здоровье населения.

Республика Беларусь относится к странам, не имеющим в достаточном количестве собственных топливно-энергетических ресурсов. Однако опыт таких стран, как Швейцария, Дания, Япония и других показывает, что экономика может динамично развиваться за счет эффективного использования топливно-энергетических ресурсов, внедрения энергосберегающих мероприятий, освоения передовых энергоэффективных технологий.

У дорожной отрасли есть немало резервов повышения энергоэффективности. Это внедрение новых энергосберегающих технологий и материалов при строительстве, содержании и ремонте автомобильных и железных дорог. К новым технологиям при строительстве и содержании автомобильных дорог можно отнести:

– применение различных модификаторов, добавляемых в битум, в результате чего увеличивается стойкость асфальтобетона к растрескиванию в широком интервале температур, уменьшается колееобразование. Применение модифицированных битумов позволяет увеличить сроки их окисления в процессе эксплуатации асфальтобетонного покрытия с 5 до 9 лет;

– применение геосинтетических материалов для армирования земляного полотна и асфальтобетонного покрытия (георешетки, геомембраны, геоматы, геосетки и т. п.). Использование геотекстильного полотна обеспечивает снижение издержек на укладку (экономится до 50 % сыпучих материалов); сокращение времени строительства; уменьшение стоимости технического обслуживания;

– использование метода стабилизации грунта с помощью специальных добавок, «полифилизаторов».

В г. Могилеве (Республика Беларусь) действует предприятие ОАО «Дунгис», выпускающее полотно иглопробивное геотекстильное для транспортного строительства («Дорнит»), которое широко используется в строительстве автомобильных и железных дорог, мостов, тоннелей, для укрепления (армирования) насыпей, а также ремонта автомобильных дорог и сооружений, железных дорог. Экспериментальные исследования по апробированию щебеночного основания дорожной одежды с устройством разделяющей и армирующей прослойки из геосетки двойного ориентирования были проведены БелдорНИИ в 2015 году на дороге Минск – Молодечно – Нарочь. Геосетка укладывалась продольными полосами с нахлестом 20–30 см на всю ширину дорожной одежды по песчаному слою земляного полотна под слоем щебеночного основания проектной толщины (27 см) и уменьшенной толщины (24 см). Сверху устроено асфальтобетонное покрытие и проведены испытания дорожной одежды нагружением колесом расчетного автомобиля с замером прогибов рычажным прогибомером. Результаты замеров показали, что общий модуль упругости дорожной конструкции на поверхности покрытия на секциях с геосеткой составил 300,5–322,5 МПа, в то время как на секции с технологическим слоем толщиной 15 см из асфальтогранулята модуль упругости составил 290,3–298,5 МПа. Таким образом, применение армирующей прослойки позволило снизить толщину щебеночного основания на 3 см и исключить технологический слой из асфальтогранулята, обеспечив при этом требуемый модуль упругости на поверхности дорожной конструкции.

Также в г. Минске работает предприятие по производству геосинтетических материалов из полиэфирных волокон. В линейке материалов присутствует и высокопрочная техническая ткань «Стаббудтекс», представляющая собой полотно, которое по физико-механическим параметрам схоже с европейским аналогом «Stabilenka». «Стаббудтекс» выдерживает большие растягивающие нагрузки при незначительном относительном удлинении, в то время как прочность материала на разрыв составляет от 150 до 1000 Кн/м в зависимости от типа ткани. Кроме того, геоткань отличается высокой устойчивостью к химическим и биологическим воздействиям.

В железнодорожном строительстве одним из методов улучшения эксплуатационных характеристик железнодорожных путей является применение геосинтетических материалов в качестве поверхности раздела между грунтовым основанием и балластным слоем. Геотекстиль используется при строительстве главных и второстепенных путей новых железных дорог, переездов, стрелочных переводов, а также при восстановительном ремонте и может выполнять четыре функции, жизненно важные для сохранения полотна железной дороги:

– разделение между грунтом на местности и новым балластным слоем при строительстве новых железных дорог;

– разделение между старым загрязненным балластным слоем и новым чистым при ремонте железных дорог;

– фильтрация грунтовых поровых вод, возникающих из грунта под геосинтетическим материалом вследствие повышения уровня воды или динамического нагнетания вследствие колесных нагрузок, через всю плоскость геосинтетика;

– армирование по типу поперечного ограничения с целью сдерживания лежащего поверх щебеночного балластного слоя;

– поперечный дренаж воды, поступающей сверху и снизу геосинтетического материала внутри его плоскости, выводя тем самым воду в дренажные каналы.

Как разделитель геотекстиль сохраняет проектную толщину насыпи и ее конструктивную прочность, как дренаж и фильтр – препятствует проникновению частиц почвы в балласт, способствует свободному прохождению воды сквозь свою структуру, направляет ее вдоль своей поверхности в дренажную систему. Что касается укрепления, геотекстиль равномерно перераспределяет напряжение от собственного веса насыпи и веса подвижного состава по всей поверхности насыпи. Таким образом, геотекстиль является экономически эффективным способом продления жизни балласта, тем самым обеспечивая структурную целостность железнодорожного полотна.

В настоящее время во многих странах мира георешетки успешно применяют при строительстве железных дорог. В основном их используют для армирования грунтов земляного полотна и для укрепления откосов. Если в основании железнодорожного пути залегают слабые органические или органоминеральные грунты, остаточные деформации которых накапливаются в течение длительного периода времени, то возникает необходимость периодического проведения ремонтных работ, связанных с подъемом путей. В этом случае для распределения нагрузки от подвижного состава на большую площадь в подбалластный слой помещают георешетки с заполнителем, которые обладают важнейшими свойствами: высокой водопроницаемостью; прочностью; низкой материалоемкостью; устойчивостью к воздействию погодно-климатических факторов; долговечностью и экологической безопасностью; ограничивают сдвиговые деформации и укрепляют грунты, создавая единую структурную массу, которая выдерживает большое давление. Применение георешеток в железнодорожном строительстве в армированном балласте взамен традиционных конструкций позволяет существенно снизить скорость осадки; повысить жесткость конструкций; облегчить ремонтные работы; сократить трудовые затраты по содержанию земляного полотна и пути в целом, его капитальному ремонту, а также сроки строительства.

Как показал опыт использования георешеток за рубежом (Польша, США, Великобритания и др.), при строительстве и эксплуатации земляного полотна на слабых основаниях уменьшились осадки земляного полотна и, как следствие, сократились работы по его выравниванию. Кроме того, увеличились скорости движения поездов.

В Республике Беларусь особое внимание уделяется развитию Припятского Полесья, на территории которого сеть дорог, особенно железных, развита недостаточно. Для успешного развития этого региона потребуется строительство новых дорог. Учитывая особенности данного региона, в частности наличие болотистой местности с различными типами болот, для стабильной работы земляного полотна возникает необходимость разработки специальных мероприятий по укреплению не только земляного полотна, но и оснований. Одним из решений данной проблемы может являться применение синтетических нетканых материалов (геотекстиля в виде георешеток) с целью армирования грунта для повышения несущей способности земляного полотна и отвода воды. Применение данного материала будет способствовать не только сокращению сроков строительства, но и стоимости, так как позволит значительно сократить объемы земляных работ.

УДК 625.143.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ В РАБОТЕ ПРУЖИННЫХ КЛЕММ СКРЕПЛЕНИЯ ТИПА СБ-3

В. М. ГРИБ

Белорусская железная дорога, г. Могилев

И. И. ЛЕВКОВИЧ

Белорусская железная дорога, г. Барановичи

А. С. ЛАПУШКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В условиях совершенствования конструкций рельсовых креплений железнодорожного пути постепенно на смену жестким элементам приходят элементы упругие. Простота монтажа и малодетальность, в отличие от сложных резьбовых узлов с множеством соединений, которые необходимо подвергать смазке и опробованию, обуславливают тенденцию массового использования пружинных элементов. При укладке в путь начинается тяжелая работа пружин в сложных условиях. Эти условия можно охарактеризовать как *статическую* нагрузку, и нагрузку *динамическую* циклической природы, частота приложения которой в зоне крепления зависит от скорости движения подвижного состава, количества осей жесткой базы тележки, расположению узла на внутренней или наружной рельсовой нити и количества поездов в графике движения. Особую значимость при данных условиях представляют значения осевых нагрузок, с которыми подвижной состав действует на путь.

Основной задачей упругих элементов является обеспечение нормативного прижатия рельсов к подрельсовому основанию. При этом для прогноза работоспособности пружинных клемм и других деталей верхнего строения пути можно применять методы компьютерного моделирования.

На сегодня имеется множество программ, позволяющих проводить моделирование. Среди них можно выделить Autodesk Inventor, который обладает функциями CAE-систем и производит моделирование методом конечных элементов.

В качестве эксперимента с использованием среды Autodesk Inventor была компьютерно смоделирована пружинная клемма рельсового скрепления СБ-3. Твердотельная модель согласно конструкторской документации с соблюдением всех геометрических размеров и диаметра прутка 16 мм была создана в рассматриваемой среде. До проведения моделирования были собраны все характеристики и свойства материала и проработаны все условия нагружения. Выявлены места и контуры закрепления детали, рассчитано значение предварительного натяжения и максимальная нагрузка прижатия рельса к шпале, составляющая 12,5 кН. С помощью среды была создана трехмерная модель реально существующей клеммы. Посредством библиотеки материалов модели были заданы свойства пружинной стали 60С2А.

Результаты моделирования на первом этапе отразили такие параметры, как максимальные напряжения и места их концентрации (рисунок 1).

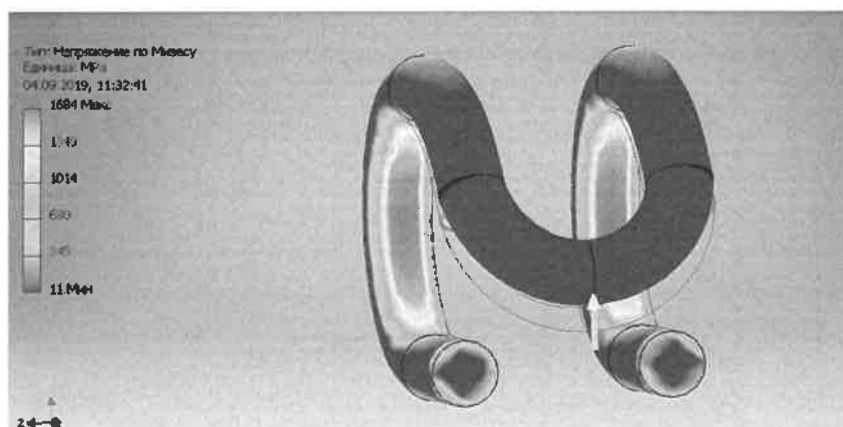


Рисунок 1 – Визуализация результатов определения максимальных напряжений клеммы

При сопоставлении опасных мест по результатам моделирования с местами изломов по результатам испытаний и эксплуатации на железнодорожных путях при условии правильной установки клеммы отмечается совпадение зоны высоких напряжений по результатам моделирования с зоной излома от эксплуатации и циклических испытаний.

При работе клеммы под поездами в этих местах может произойти зарождение усталостных трещин и как следствие – излом. По результатам моделирования среда Autodesk Inventor рассчитывает и визуально представляет максимальное напряжение по Мизесу.

Проанализировав работу конструкции узла рельсового скрепления, среда выделяет наиболее подверженная перемещениям, по направлению приложения нагрузки, часть клеммы. Таковой является прижимная часть, смещение которой относительно исходного положения с учетом предварительного нагружения обуславливают конструктивные особенности узла скрепления (рисунок 2).

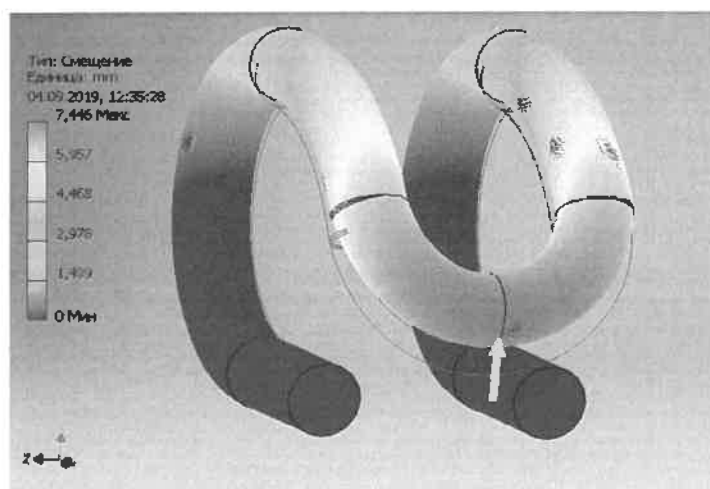


Рисунок 2 – Визуализация результатов моделирования перемещений

Возможности Autodesk Inventor позволяют также определить коэффициент запаса прочности, значения которого отражаются цветовой гаммой на поверхности элемента. Результаты расчета коэффициента запаса прочности опытно смоделированного образца клеммы представлены на рисунке 3.

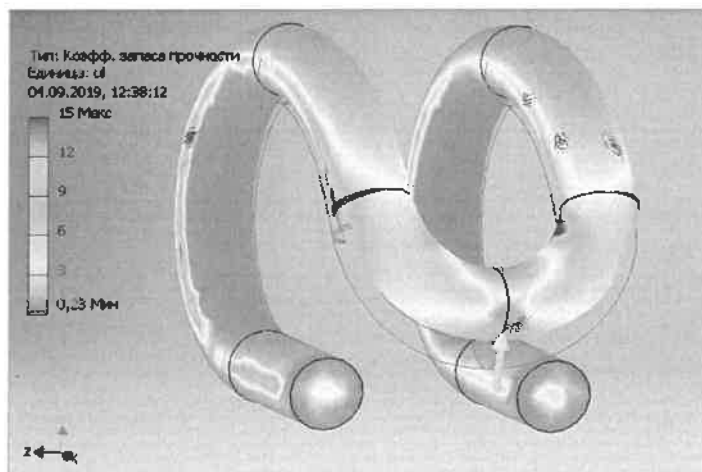


Рисунок 3 – Визуализация расчета коэффициента запаса прочности

Autodesk Inventor позволяет моделировать геометрические параметры и работу отдельных элементов рельсовых креплений. Результаты изучения возможностей данной среды показывают, что Autodesk Inventor можно применять при первичном моделировании как отдельных элементов, так и узлов креплений. Плюсы данной среды заключаются в мощном модуле визуализации и функциях моделирования. Основываясь на проведенных исследованиях, можно сделать вывод о возможности использования данной среды при обучении инженеров путей сообщения, а также работниками путевого хозяйства при разработке новых и текущем

УДК 656.2.08:625.17

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИ ПЕРЕУСТРОЙСТВЕ ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

В. Н. ЖУРАВСКИЙ

Белорусская железная дорога, г. Минск

О. М. САВИЛО

Борисовская дистанция пути Минского отделения Белорусской железной дороги

П. В. КОВТУН, О. В. ОСИПОВА, В. К. ПОКАТАШКИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Повышение скоростей и уровня безопасности движения поездов обуславливается строгими требованиями к плану и профилю железнодорожной линии. План и профиль всегда были элементами, которые требуют повышенного внимания при проектировании, строительстве и содержании железнодорожного пути. От соответствия этих элементов проекту и нормам зависит не только повышение скоростей движения пассажирских поездов, но и величина непогашенного ускорения, возникающего в криволинейных участках пути и влияющая на комфортабельность езды пассажиров и машинистов.

В докладе начальника службы пути по итогам работы путевого хозяйства за 2018 год и задачам на 2019 год было указано, что руководству дистанций пути необходимо взять под личный контроль качество подготовки фронтов производства работ для выправки пути машинами ВПР-09-3Х, так как при производстве работ выявляются случаи игнорирования требований по временному демонтажу переездного и пешеходных настилов, не выполняется предварительная инструментальная съемка кривых с выработкой методов устранения отступлений по параметрам устройства кривых (непога-

шенное ускорение и уклон отвода возвышения), что приводит к неудовлетворительным результатам работы машин.

Согласно СТП БЧ 56.388–2018 «Положение о системе ведения путевого хозяйства Белорусской железной дороги» планово-предупредительная выправка пути должна выполняться машинным способом по методу фиксированных точек или с применением автоматизированных выправочных систем. При этом должно быть обеспечено совпадение начала переходных и круговых кривых по возвышению и положению пути в плане, соблюдение норм уклонов отвода возвышения. При необходимости планово-предупредительной выправке должны предшествовать работы по наплавке концов рельсов, имеющих смятие или выщербины, наплавке крестовин, сварке мест временного восстановления рельсовых плетей.

На сегодня невыполнение указанных нормативов приводит к снижению ресурса рельсовых элементов и колес подвижного состава за счет увеличения износа при вписывании в криволинейные участки пути. Также это касается рельсовых элементов на стрелочных переводах, уложенных в криволинейных участках пути. С уменьшением радиуса кривых растет число рельсов, изымаемых из пути по дефектам и повреждениям. Изучение данного процесса имеет огромное значение для нормального функционирования железной дороги, так как износ оказывает большое влияние на безопасность и скорость движения поездов, приводит к значительным финансовым затратам на восстановление рельсов, металлических частей стрелочных переводов и т. д. Износ рельсов является естественным процессом, обусловленным множеством факторов, поэтому полностью его ликвидировать практически невозможно. Однако необходимо управлять состоянием пути через ряд мероприятий, одним из которых является оптимизация путевого развития с учетом эксплуатационных особенностей конкретного участка железнодорожного пути. Минимизировать износ и снизить контактно-усталостные повреждения колес и рельсов можно улучшением плана и профиля участков пути, особенно, имеющих обратные кривые (S-образные) и кривые малого радиуса. В полной мере это касается путевого развития парков и горловин станций, где наряду с современными конструкциями стрелочных переводов до сих пор используются сложные металлоемкие конструкции стрелочных переводов и пересечений, такие как двойные перекрестные стрелочные переводы и косоугольные глухие пересечения путей. Данные конструкции требуют ограничения скорости движения по ним и снижают общий уровень безопасности, так как имеют конструктивные особенности, способствующие сходу колеса с рельсов во вредном пространстве тупой крестовины. Кроме того, двойные перекрестные стрелочные переводы ввиду своей конструкции усложняют эксплуатацию и текущее содержание по нормам в зоне острияков и рамных рельсов, где также наблюдается интенсивный износ.

Главным фактором оптимизации расходов путевого хозяйства является применение ресурсосберегающих технологий, позволяющих продлевать ремонтные сроки и снижать трудоемкость текущего содержания пути. Перевооружение путевого хозяйства предусматривает повышение надежности работы рельсовой колеи и на этой основе – обеспечение безопасности движения, рост скоростей, прежде всего пассажирских поездов, снижение эксплуатационных расходов. Таким образом, совершенствование (модернизация) путевого развития транспортных узлов является актуальным направлением, так как позволяет при минимуме капитальных вложений продлить срок службы рельсов за счет уменьшения износа путем улучшения плана и профиля линии.

Разработка вариантов переустройства путевого развития является одним из направлений работы кафедры «Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных объектов». За последнее время разработаны мероприятия по уположению отдельных криволинейных участков железнодорожных путей ПЧ-17 (ст. Гомель) и ПЧ-3 (ст. Минск). Предложена замена двойных перекрестных стрелочных переводов на одиночные в Бахмачском и Сортировочном парках четной системы ст. Гомель-Сортировочный, на станции Рось Волковысской дистанции пути. В четной горловине станции Речица ПЧ-17 и четной горловине станции Аульс ПЧ-7 произведен предпроектный расчет замены двойных перекрестных съездов, в основе которых лежат косоугольные глухие пересечения, обыкновенными съездами за счет переукладки существующих стрелочных переводов на новые ординаты.

Переустройство горловин этих парков вызвано рядом причин. Применение косоугольных глухих пересечений и двойных перекрестных стрелочных переводов на железнодорожных станциях и узлах обусловлено значительным сокращением длины съезда в сравнении с двумя нормальными съездами, которые он заменяет. Однако опыт эксплуатации таких конструкций выявил ряд негативных особенностей:

– они конструктивно являются источником потенциальной опасности, так как возможен сход подвижного состава с рельсов во вредном пространстве тупой крестовины;

– в результате длительного срока эксплуатации, как правило, металлические элементы имеют повышенный износ;

– в случае эксплуатации соединений и пересечений рельсовых путей на деревянном основании необходимость частых перешивок (5–6 раз в год) приводит к дополнительным затратам труда и расходу материалов верхнего строения пути – срок эксплуатации деревянных шпал и брусьев значительно сокращается. Как результат – нередко подрельсовое основание может состоять из нетиповых деревянных брусьев и сшитых между собой шпал;

– следует иметь в виду, что двойные перекрестные стрелочные переводы – очень дорогостоящая продукция;

– отсутствие старогодных элементов для замены;

– в связи с изменением объемов перевозок, повлекших за собой изменения технологической работы станций, острой необходимости в сложной конструкции стрелочной продукции нет.

Таким образом, в современных экономических условиях изменения грузонапряженности и ввиду оптимизации эксплуатационных расходов план и профиль путевого развития транспортных узлов нуждается в дальнейшем совершенствовании с целью ликвидации обратных кривых и кривых малого радиуса, двойных перекрестных стрелочных переводов и косоугольных глухих пересечений путей, ухудшающих условия вписывания подвижного состава и тем самым увеличивая износ рельсовых элементов и колес, ограничивая скорость движения и понижая общий уровень безопасности. Однако данная проблема должна решаться комплексно, с технико-экономическим обоснованием в каждом конкретном случае, не ухудшая условий технологической работы станции и, в частности, полезной длины отдельных присоединяющихся путей, которая должна оставаться без изменений.

Безопасность движения поездов требует строго регламентированного контроля за состоянием железнодорожной инфраструктуры, который является непрерывным процессом во времени и в результате которого принимаются решения о проведении необходимых мероприятий.

УДК 628.517.2

АНАЛИЗ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ШУМА И ВИБРАЦИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

П. А. КАЗАЧЕНКО

Белорусская железная дорога, г. Гомель

Н. В. ДОВГЕЛЮК, М. А. МАСЛОВСКАЯ, З. Ю. ТОЛОЧКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Средний уровень шума свыше 70 дБ создают ночные грузовые перевозки на сильно загруженных участках. При движении грузовых поездов, составленных из локомотивов и вагонов старых серий, уровень шума при движении со скоростью более 80 км/ч превышает 80 дБ.

Движение пассажирских поездов создает значительно меньше шума по сравнению с грузовыми. Уровень шума повышается с увеличением скорости; при скорости выше 250 км/час шум от движения поезда усиливается благодаря появлению дополнительной составляющей – аэродинамической. Важными видами шума являются также воздушный и моторный, излучаемые локомотивом. В первую очередь реализуются мероприятия по гашению шума в местах его возникновения.

В мероприятиях по снижению шума на обычном и высокоскоростном подвижном составе указываются предельные значения воздушного шума для нового подвижного состава на обычных и высокоскоростных линиях. Эти значения используются при допуске в эксплуатацию нового подвижного состава, который подразделяется на грузовые и пассажирские вагоны, электровозы и тепловозы, электропоезда и дизель-поезда. Учитываются уровни шума при различных рабочих режимах – во время стоянки, при трогании поезда с места, а также уровень шума от проходящего поезда снаружи и уровень шума в кабине машиниста.

Так как шум, излучаемый вагонами, определяется его уровнем, исходящим от колёс, причем грузовые вагоны имеют разную конструкцию ходовой части, то исходят из удельного числа осей,

приходящегося на 1 м длины вагона. Новые грузовые вагоны имеют более усовершенствованную тормозную технику и не оборудуются чугунными тормозными колодками.

Снижение шума в местах его возникновения стоит на первом месте. Это шум от движения подвижного состава. Для его снижения заменяются чугунные тормозные колодки на композиционные; используются специальные рельсошлифовальные технологии; внедряются конструкции колёс и тележек с пониженным уровнем шума; ограничивается высокочастотный шум при движении подвижного состава в кривых и в процессе торможения; укладывается конструкция пути с низким излучением шума.

Для снижения тяговых шумов требуются: малозумные дизели; системы вентиляции и охлаждения с низким уровнем шума; гидродинамические системы с шумовыми демпферами. Уменьшение аэродинамических шумов достигается применением конструкций кузова и токоприёмников с пониженным аэродинамическим сопротивлением.

Предусматривается установка на всех новых грузовых вагонах композиционных тормозных колодок для снижения уровня шума (на существующем подвижном составе требуется замена чугунных колодок на композиционные), что приведёт к снижению шума от проходящего поезда приблизительно на 10 дБ.

Уровень шума снижается путём изменения конструкций колеса, тележки, кузова, а также подрессориванием отдельных конструктивных элементов или установкой экранирующих аэродинамических фартуков на ходовые части с целью снижения уровня воздушного шума. Модернизация этих элементов не снижает их функциональных качеств. Модернизированные элементы соответствуют условиям эксплуатации на железных дорогах и не требуют больших затрат на техническое обслуживание.

В соответствии с нормами излучения шума уровень шума на новых и реконструированных железнодорожных линиях, проходящих вблизи жилых районов, днем не должен превышать 59 дБ. Ночью допустимое значение уровня шума на 10 дБ меньше. Для того чтобы выполнить это требование, соблюдаются специальные мероприятия по защите от шума, которые финансируются государством. Для существующих железнодорожных линий предельные значения уровня шума не устанавливаются, если исходить из требований к уровням шума автомобильного транспорта (днем – 70, ночью – 60 дБ), то для железных дорог принимаются уровни соответственно 75 и 65 дБ. В соответствии с этим в качестве основных мер возводятся защищающие от шума стенки, валы и тоннели, а в особых случаях в близлежащих зданиях устанавливаются шумоизолирующие окна.

Альтернативой традиционным методам защиты от шума являются технические защитные мероприятия, осуществляемые непосредственно в месте возникновения шума, то есть на подвижном составе и пути. Новая технология защиты от шума позволяет за счет комбинации мероприятий добиться заметного снижения уровня шума как на подвижном составе, так и в пути. Конкуренция заставляет железные дороги увеличивать объемы перевозок, повышать качество транспортных услуг в соответствии с требованиями клиентуры и укреплять свои позиции на рынке перевозок.

У железных дорог имеется одно неоспоримое преимущество – они увеличивают объемы перевозок без особого ущерба для окружающей среды. Проблема снижения уровня шума играет важную роль для закрепления за железными дорогами имиджа экологически чистого вида транспорта.

С точки зрения экологического принципа, когда устранение причин предпочитают борьбе с последствиями, новая технология имеет ряд преимуществ: общее снижение уровня шума за счет комплексных мероприятий на пути и подвижном составе; уменьшение объемов финансирования инфраструктуры; ускорение процессов проектирования и утверждения проектов для новых и реконструируемых линий; смягчение реакции населения (жителей прилегающих районов и пассажиров) благодаря улучшению обзора из-за отсутствия высоких защитных стенок; оптимизация финансирования защищающих от шума мероприятий; внедрение подвижного состава с пониженным шумовым излучением.

Технология обеспечивает минимальные затраты, выгодна для владельца линии, удовлетворяет требованиям, предъявляемым населением прилегающей зоны железной дороги. Основной целью проводимого сравнения традиционной и новой технологий является их оценка с эксплуатационной и экономической точек зрения. Принятию конкретных технических мер предшествует определение капитальных вложений и возможностей финансирования той или иной технологии.

Основу технологии составляют следующие мероприятия; шлифование рельсов; обработка поверхности катания колес; оптимизация конструкции подвижного состава с точки зрения акустики;

установка защитных от шума фартуков, экранирующих ходовую часть подвижного состава; устройство близких к пути, низких защитных от шума стенок. Реализация всех этих мероприятий снижает уровень шума более чем на 20 дБ.

В контакте колеса с рельсом возникает шум от качения колес, скрежет в кривых малого радиуса при прохождении пригородных поездов, трамваев и в метрополитенах. На магистральных линиях шум от качения колес по рельсам создают поезда дальнего следования. Уровень шума ниже у региональных поездов, еще ниже у высокоскоростных поездов. Измеренные уровни шума на расстоянии четырех метров от рельсовой колеи показывают, что при частоте ниже 400 Гц преобладающим источником шума являются шпалы, от 400 до 1600 Гц – шум рельсов, выше 2000 Гц – колесные диски.

Для снижения уровня шума предлагается заменить рельсовые подкладки на более жесткие. Выполненные исследования показали, что применение более жестких подкладок уменьшает уровень излучаемого шума на 6 дБ. Наибольшая жесткость подкладок также увеличивает уровень шума, так как шпалы оказываются жестко связанными с рельсами и работают вместе с ними. Применение жестких подкладок нежелательно. Чем они жестче, тем значительнее колебания поперечных сил между колесом и рельсом, тем больше нагрузки на колесо и соответственно на железнодорожный путь.

Другой подход состоит в использовании «изолированных» шпал, заглубленных в бетон основания, причем при такой конструкции пути балласт заменен упругим слоем между шпалой и основанием. Доминирующие частоты вибраций грунта слишком низки для эффективного использования резонирующих конструкций пути. Решение состоит в улучшении геометрии пути, уменьшении неупругих масс и жесткости основания посредством обработки грунта или забивки свай.

Снижение шума в местах его возникновения – первостепенная задача. Это шум от движения подвижного состава. Для его снижения заменяются чугунные тормозные колодки на композиционные; используются специальные рельсошлифовальные технологии; внедряются конструкции колес и тележек с пониженным уровнем шума.

УДК 656.09

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ НЕПОГАШЕННОГО УСКОРЕНИЯ ПРИ ВВЕДЕНИИ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ

*В. Д. КАЙМОВИЧ, Н. В. МАМСИКОВ
Белорусская железная дорога, г. Гомель*

*П. В. КОВТУН, Т. А. ДУБРОВСКАЯ, С. В. СКРЕБЕЦ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Проблема повышения скорости движения в кривых при существующих радиусах весьма актуальна, но имеет и свои сложности. Обеспечить не только скорости движения, одинаковый износ рельсов, но и комфортабельность и безопасность пассажиров – вот одна из основных задач в области железнодорожных перевозок.

Максимальная скорость движения поезда в кривой зависит от центробежных сил во взаимодействии подвижного состава и пути, которые в свою очередь определяют устойчивость подвижного состава против опрокидывания, поперечную нагрузку на путь, уровень комфорта для пассажиров и сохранность груза. Первые два критерия непосредственно относятся к безопасности движения поездов, третий и четвертый – к качеству пассажирских и грузовых перевозок.

Для нейтрализации центробежной силы в кривых наружный рельс укладывают с некоторым возвышением относительно внутреннего.

Центробежная сила, действующая в кривой, за счет возвышения наружного рельса может быть погашена полностью, частично или даже чрезмерно (при этом результирующая сила действует в сторону внутреннего рельса). На практике для таких случаев в зависимости от степени компенсации центробежной силы используют понятия достаточного, недостаточного и избыточного возвышения.

Целью данного исследования является повышение скоростей движения поездов на существующих линиях в круговых кривых без переустройства плана. Для достижения цели изменяется предельная величина непогашенного ускорения при движении пассажирских поездов с 0,7 до 0,9 м/с² при безусловном соблюдении требований по безопасности и комфортабельности движения и др. Основная задача данной статьи – рассмотреть возможность увеличения скоростей движения поездов на существующих железнодорожных линиях при минимальных капиталовложениях.

Экспериментальными исследованиями установлено, что длительное и повторное воздействие непогашенного центробежного ускорения величиной до 0,9 м/с² включительно большинство людей переносит удовлетворительно. Общее функциональное состояние и работоспособность локомотивных бригад при комплексном воздействии шума, вибрации и непогашенного ускорения 0,9 м/с² находится в оптимальных пределах допуска. Таким образом, увеличение непогашенного ускорения до 0,9 м/с² не окажет существенного влияния на организм пассажиров, но может существенно сэкономить время в пути за счет более быстрого прохождения кривых.

Полученные данные позволяют выполнять расчеты при непогашенном ускорении, равном 0,9 м/с², и проанализировать влияние увеличения непогашенного ускорения на скорости прохождения пассажирским поездом кривых различных радиусов.

Исходя из вышесказанного необходимо рассмотреть, как влияет изменение величины непогашенного ускорения в кривых до 0,9 м/с² на скорость прохождения и радиус кривой.

Согласно СТП [8] непогашенное ускорение в кривых определяется по формуле

$$a_{\text{нп}} = \frac{v_{\text{max}}^2}{3,6^2 R} - \frac{g}{S} h, \quad (1)$$

где v_{max} – максимальная скорость движения по данной кривой, км/ч; R – радиус кривой, м; g – ускорение свободного падения (9,81), м/с²; S – ширина между осями рельсов (1600), мм; h – возвышение наружного рельса, мм.

Тогда путем преобразований

$$h = 12,5 \frac{v_{\text{max}}^2}{R} - 163 [a_{\text{нп}}]. \quad (2)$$

В качестве опытного участка рассматривается один из перегонов Белорусской железной дороги длиной около 10 км, на котором имеется несколько кривых малого и среднего радиуса ($R_1 = 580$ м; $R_2 = 620$ м; $R_3 = 700$ м; $R_4 = 720$ м).

Формула $v = 4,6\sqrt{R}$ показывает, какую максимальную скорость теоретически может пропустить данный криволинейный участок пути. В практике обычно все скорости по кривым ограничиваются приказом начальника дороги и зависят от многих других факторов (наличия населенного пункта, состояния верхнего строения пути и т. д.). Реконструкция плана линии заключается в увеличении радиусов кривых и их переустройстве. Данное мероприятие длительное и дорогостоящее.

Из формулы (2) вычисляется значение скорости

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{(h + 163a_{\text{нп}})R}{12,5}}. \quad (3)$$

Повысив в формуле (3) величину непогашенного ускорения с 0,7 м/с² до $a_{\text{нп}} = 0,9$ м/с², можно получить новые значения скоростей. Полученные значения скоростей при постоянном радиусе, возвышении наружного рельса и различном непогашенном ускорении сведены в таблицу 1, по результатам которой построен график зависимости $v_{\text{max}} = f(a_{\text{нп}})$ (рисунок 1).

Таблица 1 – Скорость прохождения кривых при различном непогашенном ускорении

Непогашенное ускорение, м/с ²	Радиус, м			
	580	620	700	720
0,7	75	80	90	95
0,8	80	85	95	100
0,9	84	90	100	104

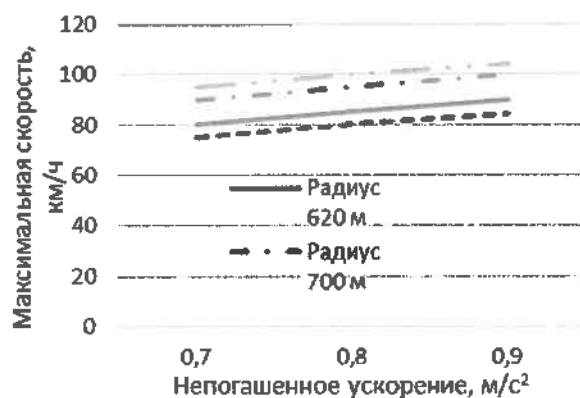


Рисунок 1 – График зависимости максимальной скорости движения от величины непогашенного ускорения

Из графика (см. рисунок 1) видно, что увеличение непогашенного ускорения до 0,9 м/с² ведет к повышению скорости прохождения криволинейных участков пути в среднем на 15 %, это позволит существенно сэкономить финансы без переустройства плана линии. При этом, увеличивая значение непогашенного ускорения до 0,9 м/с², можно уменьшить высоту возвышения наружного рельса в кривой без изменения скорости прохождения пассажирским поездом криволинейного участка пути (при условии $h > 0$).

УДК: 625.8

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЯМОЧНОГО РЕМОНТА ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

*П. А. КАЦУБО, Д. С. РУЛЁВ, Я. В. ШУТОВ, В. И. ГУРИНОВИЧ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Ровные высококачественные современные асфальтобетонные дорожные покрытия, которые обеспечивают полноценное сцепление колес транспорта с дорожным полотном, являются залогом безопасного и комфортного дорожного движения. Но под механическим воздействием на дорожную одежду высоких нагрузок и из-за ее старения образуются трещины, ямы, деформация. Зачастую все эти деформации происходят в зимний период. Вода, проникающая в поверхностные трещины, превратившись в лёд, расширяется и выдавливает окружающий асфальт. После оттаивания пораженный участок остается непригодным для повторной инфильтрации воды, что в конечном итоге приводит к большим трещинам и выбоинам.

Одним из самых распространенных видов ремонта автомобильных дорог является ямочный ремонт, так как нет необходимости перекрывать движение и это не так затратно по сравнению с ремонтом всего участка дороги. Но качество ямочного ремонта зависит в первую очередь от соблюдения последовательности технологических операций при выполнении работ [1].

Наряду с традиционным методом ремонта существует ряд разработок, одна из которых – самовосстанавливающийся материал путём насыщения асфальтобетона электропроводящими волокнами-наполнителями в конфигурации замкнутых контуров. Инновационная система действует следующим образом: электрический ток пропускается через волокна-наполнители в непосредственной близости с дорожной трещиной. Электрическая цепь генерирует внутреннее тепло необходимой температуры. Под действием нагрева битум расплавляется и уплотняется [2].

Также учёными проведен ряд исследований по смешению рецептур битума и железной руды, богатой магнетитом, обнаруженной в породе горного хребта Месаби. Таким способом удалось создать модифицированный материал, который эффективно используется в ремонте дорожных покрытий, при помощи специального транспортного средство.

Обнаруженные выбоины дорожного полотна заливаются такой смесью, после чего смесь нагревают микроволновым блоком. Излучающий микроволны сервисный блок прикрепляется к специальной ремонтной технике. Дополнительным преимуществом этой технологии видится использова-

ние переработанных строительных материалов вместо первичных связующих материалов. Тем самым данная технология существенно удешевляет содержание автомобильных дорог [3].

В настоящее время пристальное внимание уделяется поиску альтернативных материалов, а также решению проблемы отходов и вторичного их применения. Одним из решений данной проблемы является использование в качестве дорожного покрытия термопласткомпозиата, который представляет собой химически стойкий конструкционный материал, изготовленный на основе термопластичных полимеров и традиционных твердых наполнителей.

Применение дорожно-строительных материалов, не содержащих битумное вяжущее, может повысить физико-механические и эксплуатационные свойства автомобильных дорог, а также реализовать новые технологические процессы их строительства и ремонта [4].

Укладка термопласткомпозиата при ямочном ремонте в дорожное покрытие планируется в вязкотекучем состоянии (аналогично литому асфальтобетону), что требует сохранения рабочей температуры смеси в процессе укладки. Выполнение данного требования возможно при перевозке в теплоизолированных миксер-бункерах с последующей гравитационной укладкой. При этом уплотнение в дорожном покрытии возможно производить также аналогично асфальтобетону.

Повышенный срок службы покрытий из термопласткомпозиата при минимальных затратах на их содержание, высокие транспортно-эксплуатационные качества, ограниченные запасы нефти и низкое качество битума, поставляемого для изготовления асфальтобетона, являются важными обстоятельствами, определяющими перспективу применения термопласткомпозиата в дорожном строительстве.

Использование термопласткомпозиата на ответственных участках дорог позволит увеличить сроки межремонтных периодов, повысить эксплуатационные показатели дорожных покрытий, увеличить безопасность движения на этих участках.

Список литературы

1. **Зубков, А. Ф.** Технология ремонта дорожных покрытий автомобильных дорог с применением горячих асфальтобетонных смесей : учеб. пособие / А. Ф. Зубков. – Тамбов : ТГТУ, 2014. – 80 с.

2. Основные направления инновационных разработок в транспортной и дорожной сфере [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://domintrans.ru>. – Дата доступа : 16.09.2019.

3. Инновационные технологии в строительстве. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://zetsila.ru>. Дата доступа: 16.09.2019.

4. **Кацубо, П. А.** Материалы на основе термопласткомпозиатов и их использование в технологических процессах строительства и ремонта автомобильных дорог / П. А. Кацубо // Актуальные вопросы физики и техники : материалы VIII Респ. науч. конф. студентов и аспирантов. В 2 ч. Ч. 1. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2019. – С. 29–31.

УДК 625.151.2

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА И СОДЕРЖАНИЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ФИРМЫ VAE (РИГА)

В. Ф. КАЧАН

Белорусская железная дорога, г. Молодечно

В. В. РОМАНЕНКО, Н. Д. ДОМАШ, А. Ю. ТАРАКАНОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Voestalpine VAE Legetecha UAB – группа компаний, которая была основана в 1995 году как совместное предприятие *voestalpine AG* и ЗАО «Литовские железные дороги». Компания является мировым лидером на рынке стрелочных переводов для железных дорог, метрополитена и трамвайных путей. Основная цель компании – высочайшая удовлетворенность своих клиентов за счет предоставления типовых и индивидуальных конструктивных решений.

Первые криволинейные стрелочные переводы на Белорусской железной дороге были уложены в 1999 г. Перечень криволинейных стрелочных переводов производства VAE (Рига), эксплуатируемых на Белорусской железной дороге в настоящее время, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Криволинейные стрелочные переводы, эксплуатируемые на Белорусской железной дороге

№ п/п	Отделение дороги, дистанция пути	Станция	Количество стрелочных переводов
1	НОД-1, ПЧ-1	Осиновка	1
2	НОД-1, ПЧ-1	Хлусово	1
3	НОД-1, ПЧ-2	Смолевичи	4
4	НОД-1, ПЧ-2	Бобр	1
5	НОД-1, ПЧ-2	Борисов	3
6	НОД-1, ПЧ-2	Толочин	1
7	НОД-1, ПЧ-3	Минск-Восточный	1
8	НОД-1, ПЧ-3	Минск-Сортировочный	1
9	НОД-1, ПЧ-3	Минск-Пассажирский	4
10	НОД-1, ПЧ-3	Негорелое	3
11	НОД-1, ПЧ-9	Уша	1
12	НОД-2, ПЧ-4	Городея	3

Все стрелочные переводы уложены на деревянных дубовых брусках, поставляемых комплектно с самим стрелочным переводом. У всех стрелочных переводов марка крестовины 1/11, тип – Р65.

Их преимущественное расположение на главных путях направления Орша – Минск – Брест (входящего в Панъевропейский транспортный коридор РЕ II) определяет их важное место в структуре стрелочного хозяйства Белорусской железной дороги. Уникальность их конструкции, заключается в устройстве радиусов переводных кривых обоих направлений стрелочного перевода, соответствующих радиусам криволинейных участков пути, в которых они располагаются. Такую возможность устройства переводных кривых на сегодня из всех поставщиков стрелочных переводов на Белорусскую железную дорогу обеспечивает только предприятие ВАЕ, соответственно эти стрелочные переводы имеют ряд особенностей как в устройстве, так и в текущем содержании.

Для данных стрелочных переводов существует возможность их вписывания в пределы не только круговой кривой, но и переходной, т. е. кривой переменного радиуса. Кроме того, ряд стрелочных переводов запроектирован таким образом, что часть их расположена в прямом участке, а часть – в криволинейном. Такая конструкция стрелочных переводов ведет к появлению ряда особенностей как на самом устройстве, так и в обслуживании.

Одним из геометрических особенностей конструкции криволинейных стрелочных переводов является то, что оба остряка являются криволинейными, и их кривизна соответствует радиусам криволинейных путей, на которые они переводят.

Стрелочные переводы производства ВАЕ в отличие от обыкновенных стрелочных переводов, имеющих четыре блока, поставляются с завода-изготовителя тремя цельными блоками смонтированных на комплекте деревянных дубовых брусков. Все бруска пронумерованы и имеют специальную номерную бирку, набитую у торца каждого бруса.

Блоки стрелочного перевода, доставленные к месту эксплуатации, монтируются краном для укладки стрелочных переводов УК-25СП. После монтажа блоков устраиваются рельсовые стыки. В отличие от обыкновенных стрелочных переводов стыки в середине переводной кривой отсутствуют.

Рельсовые стыки у криволинейных стрелочных переводов производства ВАЕ сварные. Обустройство стыков производится путем сварки алюминотермитным способом. После сварки поверхность катания и рабочая грань рельса шлифуются, причем шлифуется только головка рельса, а шейка и подошва остаются со сварным наплывом. Кроме того, в сварных рельсовых стыках устраивают усиленные клееболтовые стыки с полимерными накладками, имеющими 4 отверстия.

Значительные отличия от одиночного стрелочного перевода имеются в конструкции сердечника крестовины. В отличие от сборной крестовины с литым сердечником типа общей отливки с изнашиваемыми частями усювиков в криволинейных стрелочных переводах ВАЕ сердечник сварной и состоит из двух частей. Передняя часть сердечника по противошерстному движению длиной порядка 50 см выполнена из высокопрочной стали, которая с течением времени становится всё крепче. Сталь защищена от коррозии, устойчива к выкрашиванию и постоянным ударным нагрузкам.

Так как криволинейный стрелочный перевод является сварным, то имеют место быть температурные колебания длины рельсов. При повышении температуры рельсовая сталь расширяется, это влияет на длину металлических элементов, которая изменяется в сторону увеличения. Соответственно при охлаждении рельсовой стали длина металлических элементов уменьшается. В связи с этим возникает неточность в работе переводного механизма и появляются колебания зазора между

острыком и рамным рельсом, для компенсации этого явления, а также нивелирования вибраций, вызванных динамикой движения подвижного состава, в устройство стрелки включен замыкающий кляммерный механизм Tempflex III.

Принцип работы кляммерного механизма Tempflex III заключается в замыкании поперечной стальной балки, которая связана с ходом острыков посредством кулисного механизма, и так называемого «ласточкиного хвоста», тем самым образуется подвижное шлицевое соединение.

Еще одно отличие – направляющие контррельсы имеютдвигаемую конструкцию с применением одноболтовых вкладышей. Такая конструкция способствует поддержанию постоянной величины желобов за счет надвигки рабочей грани контррельса к рабочей грани рельса.

Ввиду особенности конструкции криволинейных стрелочных переводов их текущее содержание также имеет особенности. В первую очередь это видно в нормативных значениях ширины колес (таблица 2).

Таблица 2 – Размеры содержания ширины колес криволинейных стрелочных переводов VEA (Рига) и одиночных обыкновенных типа Р65 марки 1/11

Место контрольных измерений	Номинальный размер, мм	Допускаемое отклонение, мм, в сторону		Номинальный размер, мм	Допускаемое отклонение, мм, в сторону	
		увеличения	уменьшения		увеличения	уменьшения
Стыки рамных рельсов	1520	4	2	–	–	–
Острие острыков	1520	4	2	–	–	–
Корень острыков	1520	4	2	–	–	–
Соединительные пути основного направления	1520	4	2	–	–	–
Соединительные пути ответвленного направления	1520	10	2	–	–	–
Передние стыки крестовины	1520	3	3	–	–	–
Сечение сердечника «40 мм»	1520	3	3	–	–	–
Задние стыки крестовины	1520	3	3	–	–	–

Наблюдение за подобными стрелочными переводами в ходе текущего содержания не выявило каких-либо проблем. Их устройство под конкретный радиус кривой дает возможность устанавливать более высокие скорости движения поездов по сравнению с одиночными обыкновенными. Кроме того, нет необходимости устраивать прямые вставки на подходах к стрелочным переводам, изменяя тем самым плавность хода подвижного состава.

УДК 625.08

ТЕХНОЛОГИЯ ДВУХСЛОЙНОЙ УКЛАДКИ ДОРОГ С АСФАЛЬТОБЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ

А. В. КИСЕЛЕВА

КП ПУП «Архитектура – Добруш», Республика Беларусь

Г. В. АХРАМЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Обеспечение транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог достигается в процессе строительства и зависит от качества используемого материала, принятой технологии, выбранного механизированного звена машин и условий производства работ. Значительное место в достижении требуемого качества строительства занимает технология устройства дорожных покрытий. В настоящий момент наибольшее применение при строительстве, ремонте и реконструкции автомобильных дорог находят асфальтобетонные покрытия, на долю которых приходится свыше 60 % от общей протяженности дорог. При устройстве асфальтобетонных покрытий из горячих смесей температура является основным фактором, влияющим на эксплуатационные показатели покрытия. В зависимости от конкретных условий строительства (конструкции покрытия, погодноклиматических факторов, применяемого оборудования и свойств смесей) температура смеси меняется в установленных интервалах, что влияет на выбор принимаемой технологии и продолжительность операций по обеспечению требуемого качества работ. Для достижения требуемого качества

покрытия и повышения эффективности применяемого механизированного звена машин необходимо знать влияние разных факторов на технологические процессы при устройстве покрытий и выбор их параметров производить с учётом свойств смесей.

Технология укладки асфальтобетонного покрытия продолжает развиваться, поскольку производители разрабатывают более эффективное и надежное оборудование. Кроме того, совершенствуются технологии укладки, в то время как новые модифицированные полимером битумные материалы и методики переработки еще больше расширяют спектр вариантов покрытия дорог, доступных для клиента и подрядчика.

Однако одним из наиболее заметных достижений стала технология двухслойной укладки, при которой два верхних слоя укладываются горячим способом одновременно.

В настоящее время только Дупарас и Vögele предлагает вариант двухслойной укладки в качестве опции на международной основе. В Японии также разработана двухслойная система укладки, но в настоящее время имеется мало информации о ее доступности. Будут ли другие производители асфальтоукладчиков следовать этому примеру, пока неизвестно.

Системы Дупарас и Vögele основаны на одном и том же принципе – одновременная укладка двух верхних слоев дорожного покрытия, но они сильно различаются в зависимости от того, как это достигается. Принцип, лежащий в основе двухслойной системы укладки, заключается в том, что укладка производится в горячем состоянии и обеспечивает лучшее сцепление между двумя верхними слоями, увеличивая потенциальный срок службы при износе, поскольку уменьшается риск разрушения поверхности.

Испытания показывают, что при лучшем сцеплении и качественном уплотнении двухслойное покрытие обеспечивает более долгий срок службы, чем обычные технологии, даже в условиях интенсивного движения. Использование этого метода также позволяет использовать слой износа с малой толщиной, что существенно снижает затраты на материалы. В целом эта система сокращает время, необходимое для работы по укладке, и по этим причинам предлагает экономически выгодное решение.

Способ укладки двухслойного покрытия занимает больше времени для уплотнения, поскольку из-за толщины двух слоев смесь дольше остается горячей. Это имеет большое значение для работы в более холодных климатических или в зимних погодных условиях, т. к. предоставляется больше возможностей для увеличения периода, в течение которого можно выполнять работы.

Система «Дупарас» использует один асфальтоукладчик, оснащенный двумя стяжками и двумя бункерами для материала. Последняя версия этой модели основана на стандартном крупном асфальтоукладчике «Дупарас» с дополнительным бункером, конвейерной системой и стяжкой, установленной для укладки двухслойного покрытия. Новая система компании «Дупарас» модульную конструкцию, имеет бункер и стяжку для материалов и позволяет укладывать ширину до 7,5 м. Однако это дополнительное оборудование может быть быстро удалено для машин, которые будут использоваться при обычной укладке, что значительно повышает ее универсальность и коэффициент использования.

Правильное уплотнение играет ключевую роль в процессе укладки двухслойного покрытия. Чтобы обеспечить необходимое уплотнение, система «Дупарас» требует использования специального уплотнителя, который основан на стандартной модели, но имеет очень широкие барабаны. Это устройство обеспечивает уплотнение обоих слоев, а затем уплотнение достигается стандартными асфальтовыми катками, чтобы доуплотнить материал.

Двухслойная концепция Vögele, система InLine Pave, основана на использовании двух укладчиков, работающих близко друг к другу. Это более или менее стандартные машины, но с дополнительными функциями, необходимыми для нанесения двухслойного покрытия. Поскольку вторая машина работает непосредственно на поверхности горячего асфальтобетона, первая установка основана на асфальтоукладчике Vögele и оснащена специальным модулем для уплотнения. Этот модуль обеспечивает до 98 % уплотнения в соответствии с Vögele и гарантирует, что проход второго асфальтоукладчика не вызовет деформации на вновь уложенной поверхности. Другой модификацией для первого асфальтоукладчика является специальный модуль, который используется для подачи в бункер второго асфальтоукладчика.

Для обеспечения постоянной подачи материалов Дупарас и Vögele создали свои собственные машины для транспортировки. Однако подрядчики, покупающие двухслойную технику для укладки дорожного покрытия, могут использовать и существующие машины для перемещения материалов.

Дупарас и Vögele имеют бесплатные наборы оборудования для уплотнения с технологией ин-

теллектуального уплотнения, доступной в качестве опции. Сочетание новейших технологий интеллектуального уплотнения с двухслойной укладкой даст возможность еще больше увеличить срок службы покрытия. Использование комбинации датчиков температуры, измерения уплотнения и GPS-наведения позволит оператору катка эффективно расставлять приоритеты в работе и в первую очередь уплотнять зоны охлаждения материала, обеспечивая при этом, чтобы вся поверхность была выровнена.

Работа асфальтоукладчиков, оснащенных системами управления, которые сочетают в себе технологию GPS и тахеометр, еще больше повысит эффективность. Эти системы позволяют асфальтоукладчикам работать без копирной струны, снижая затраты на геодезические работы и повышая производительность, а также используя программные продукты разработки Leica Geosystems, Topcon и Trimble.

Новые материалы дают дополнительные преимущества, в то время как использование технологии инфракрасного нагрева обеспечит качество стыков в горячем и холодном состоянии и еще больше увеличит общий срок службы дорожного покрытия. Стоит отметить, как плохо функционируют в зимние месяцы основные транспортные магистрали, при этом основной причиной наличия выбоин на дороге является появление дефектов на дорогах. Эффективное использование двухслойной укладки в сочетании с интеллектуальным уплотнением, усовершенствованным управлением машиной, позволило бы избежать раннего разрушения дорог в таких условиях.

Список литературы

- 1 **Зубков, А. Ф.** Технология устройства покрытий нежесткого типа из асфальтобетонных горячих смесей : учеб. пособие / А. Ф. Зубков, К. А. Андрианов, Т. И. Любимова // Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 80 с.
- 2 Формирование научно-инновационной политики дорожного хозяйства / А. А. Сухов [и др.] // Инновационная деятельность. – 2010. – № 3. – С. 41.
- 3 **Пермяков, В. Б.** Эффективность уплотнения асфальтобетонных смесей в дорожных покрытиях / В. Б. Пермяков // Строительные материалы. – 2005. – № 10. – С. 8–9.
- 4 **Васильев, А. П.** Эксплуатация автомобильных дорог : в 2 т. Т. 1 / А. П. Васильев. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2011. – 320 с.

УДК 725.39:693.54

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОПРОВОДЯЩЕГО БЕТОНА В ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

И. В. КОВТУН, К. С. РАЗВОДОВ, Н. Ю. ГУБЕНСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Название нового строительного материала *литракон* произошло от словосочетания *light transmitting concrete*, дословно переводящегося как *светопроводящий бетон*. При добавлении в состав бетонной смеси светопроводящего оптического волокна получаются внешне привлекательные блоки, полностью соответствующие эксплуатационным характеристикам искусственного камня.

Высокая стоимость материала пока не позволяет довольно широко применять его в промышленных масштабах, однако с увеличением производства оптического волокна (самого дорогого компонента светопроводящего бетона) и поиском новых технологий, снижающих стоимость его производства, ожидается падение цен на данный вид сырья.

Для производства светопроводящего бетона в соответствии с СТБ 1182–99 используется инертный материал – песок крупнозернистый (карьер Боруны). Для получения марок бетона по прочности на сжатие 300–400 наиболее рационально использовать бездобавочный портландцемент марки ПЦ500 Д0. Для изготовления светопроводящего бетона щебень фракции крупнее 10 мм в связи с небольшой прослойкой бетона между слоями оптического волокна не применяется. Оптическое волокно располагается послойно на расстоянии 1,5–2 см. Также неприменимость щебня крупнее 10 мм связана с тем, что при вибрации в процессе изготовления изделий он будет оседать (стремится к дну формы), попутно продавливая и изменяя положение и рядность оптического волокна, тем самым нарушая его ориентированность, что повлияет на распределение света на рабочей грани изделия и прочностные свойства.

Для исключения налипания бетонной смеси на поверхности формы используется смазка для форм или машинное масло, нанесенное на поверхности тонким слоем. В подготовленную смазанную форму укладывается и распределяется бетонная смесь толщиной 20 мм. Смесь тщательно штыкуется 10 раз, после чего на поверхность уплотненной смеси раскладываются оптические волокна с интервалом 4–5 мм. Волокна слегка утапливаются в выступившем цементном молоке во избежание их смещения при укладке следующих 20 мм бетонной смеси. Далее форма снова заполняется бетонной смесью на толщину 20 мм. Смесь тщательно штыкуется 10 раз, но только на глубину чуть менее толщины слоя уложенной бетонной смеси, поскольку при проникновении штыковки в светопроводящий и ранее уложенный слой ориентированность волокон может быть нарушена. Далее процесс повторяется. После четвертого светопроводящего слоя форма заполняется полностью, штыкуется на толщину слоя до выступления цементного молока и выравнивания поверхности.

Для работы светопроводящего бетона в условиях воздействия раствора соли в воде и соляного тумана необходимо предусмотреть пропитку для поверхности с целью предотвращения разрушения поверхности изделия при работе в условиях агрессивной среды (класс XF4), особенно на границе «оптическое волокно – бетон». Сегодня в Беларуси успешно зарекомендовала себя пропитка «Сифтор Б». Она активно применяется в обработке железобетонных парапетных ограждений на автомобильных дорогах на реконструируемых дорогах республики.

Перспективность светопроводящего бетона в дорожном строительстве связана с повышением в последние годы интереса к устройству цементобетонных покрытий автомобильных дорог. С помощью этого материала возможно дублирование в темное время суток элементов дорожной разметки на опасных участках дорог с жестким покрытием без разрыва среды материала, что облегчит уход за ним в зимнее время.

Применение светопроводящего бетона при создании инновационных пешеходных переходов (оборудованных интерактивными полосами, дублирующими сигнал светофора для пешеходов) позволит повысить антивандальность инженерного обустройства. В отличие от полимерных материалов *литракон* не изменяет своих свойств под действием высоких температур, не подвержен мгновенному нарушению целостности и потере свойств поверхности при механических воздействиях.

Для повышения архитектурной привлекательности и снижения травмоопасности светопроводящий бетон можно применять на кромках ступеней лестничных маршей, платформ в метрополитене, на эскалаторах и т. д. На въездах на мосты и путепроводы, а также на нижних уровнях развязок элементы вертикальной разметки из светопроводящего бетона составят конкуренцию элементам вертикальной разметки из металла, которые для предотвращения воздействия агрессивной среды необходимо подвергать горячему цинкованию или окрашиванию эмалями. При нарушении защитного покрытия элементы вертикальной разметки из металла и их крепления корродируют, передавая коррозию вглубь бетонных балок, колонн, на которых они закреплены.

Список литературы

- 1 ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – Минск : Госстандарт, 2015. – 36 с.
- 2 СТБ 1182–99. Бетоны. Правила подбора состава. – Минск : Госстандарт, 2000. – 16 с.
- 3 СТБ 2221–2011. Бетоны конструкционные тяжелые для транспортного и гидротехнического строительства. Технические условия. – Минск : Госстандарт, 2012. – 30 с.
- 4 СТБ 1097–2012. Камни бетонные и железобетонные. Технические условия. – Минск : Госстандарт, 2008. – 18 с.
- 5 СТБ 1545–2005. Смеси бетонные. Методы испытаний. – Минск : Минстройархитектуры, 2005. – 24 с.

УДК 656.2.08

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

О. П. КОСТЮКОВ

Белорусская железная дорога, г. Минск

Д. С. НИКИТЯНИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Железнодорожная инфраструктура с первых дней появления по достоинству оценена военными специалистами как одно из эффективных средств массовых воинских перевозок.

В уставах и наставлениях стран, входящих в блок НАТО, железнодорожная инфраструктура рассматривается как первоочередная цель для нанесения удара. Выводить из строя железнодорожную инфраструктуру они планируют путем разрушения наиболее важных её объектов, одними из которых являются мосты.

Прогнозируемые объемы разрушения мостов будут следующие: большие и внеклассовые мосты будут уничтожены на 100 %, средние мосты будут выведены из строя с вероятностью 20–25 %, а малые искусственные сооружения – на 5–7 %.

Поэтому для повышения живучести мостовых переходов был разработан целый комплекс мероприятий.

1 Мероприятия, направленные на уменьшение объемов разрушений мостовых переходов и потерь сил и средств мостовых частей:

- защита от всех средств поражения;
- охрана и оборона мостовых переходов;
- рассредоточение элементов и устройств мостовых переходов;
- смена вида переправы;
- повышение надежности мостовых конструкций;
- пожарная профилактика.

2 Мероприятия, направленные на уменьшение влияния разрушений на пропуск поездов через водные преграды:

- организация технического прикрытия мостового перехода;
- резервирование пропускной способности перегонов;
- применение паромных переправ;
- дублирование мостового перехода;
- резервирование восстановительных сил и средств.

В заключение хотелось бы отметить, что, на наш взгляд, мостовые переходы являются наиболее важным объектом в железнодорожной инфраструктуре. Повышение живучести мостовых переходов (а в случае их разрушения – краткосрочное восстановление этого объекта) является первоочередной задачей для Транспортных войск.

УДК 625.7/8

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

И. И. КРАВЧЕНКО

КПРСУП «Гомельоблдорстрой», Республика Беларусь

Д. И. БОЧКАРЁВ, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В данной статье рассмотрен технологический процесс приготовления и применения гидрофобного профилактического состава (далее – ГПС) для профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог [1, 2].

Для решения задачи по созданию на поверхности, а также в трещинах и порах асфальтобетонных покрытий защитного водоотталкивающего слоя, направленного на снижение водонасыщения материала покрытия, повышение коэффициента сцепления, был разработан ГПС, состоящий из отходов от переработки нефтепродуктов (шлам от очистки резервуаров ОАО «Мозырский НПЗ»), минерального наполнителя и растворителя (керосин ГОСТ 18499–73), одновременно с этим состав дополнительно может содержать гидрофобизатор.

Перед распределением ГПС в полном объеме должны быть выполнены подготовительные работы, которые включают:

- установку технических средств организации движения;
- очистку покрытия от пыли и грязи (если требуется промывка покрытия, она должна быть завершена не позднее чем за 24 часа до начала нанесения).

Основные технологические операции по нанесению ГПС должны включать:

- установку технических средств организации движения;
- распределение ГПС;
- распределение песка или песка из отсевов дробления (при необходимости);
- перестановку, снятие технических средств организации движения.

Работы должны выполняться на закрытых для движения полосах в сухую погоду при температуре воздуха не ниже +5 °С.

ГПС с низкой кинематической вязкостью (до 70 мм²/с) распределяют с помощью обычных, используемых для подгрунтовки автогудронаторов, прицепных гудронаторов, машин, используемых для устройства поверхностной обработки, оборудования для ямочного ремонта струйно-инъекционным способом. Кинематическую вязкость определяют в соответствии с ГОСТ 32060–2013. Как правило, такую вязкость имеют материалы, не содержащие в своем составе минеральный наполнитель. При нанесении ГПС гудронатор должен двигаться равномерно со скоростью 5–8 км/ч (рисунок 1). Перед началом работ необходимо определить и зафиксировать высоту распределительных форсунок.



Рисунок 1 – Нанесение ГПС с низкой вязкостью с помощью автогудронатора

Распределение ГПС с кинематической вязкостью более 70 мм²/с должно выполняться специально подготовленным распределителем (рисунок 2) или вручную (рисунок 3). Начальную и конечную границы участка распределения необходимо намечать сигнальными флажками, устанавливаемыми на обочине. Вслед за распределением ГПС, при необходимости, исправляют дефектные места вручную.



Рисунок 2 – Общий вид распределителя ГПС:

- 1 – емкость (бочка) с пропиточным составом; 2 – электрогенератор с компрессором;
3 – распределительное сопло; 4 – разглаживающая рейка

В случае ручного нанесения ГПС распределяется по покрытию с помощью специальных гладилочек или щеток (см. рисунок 3).

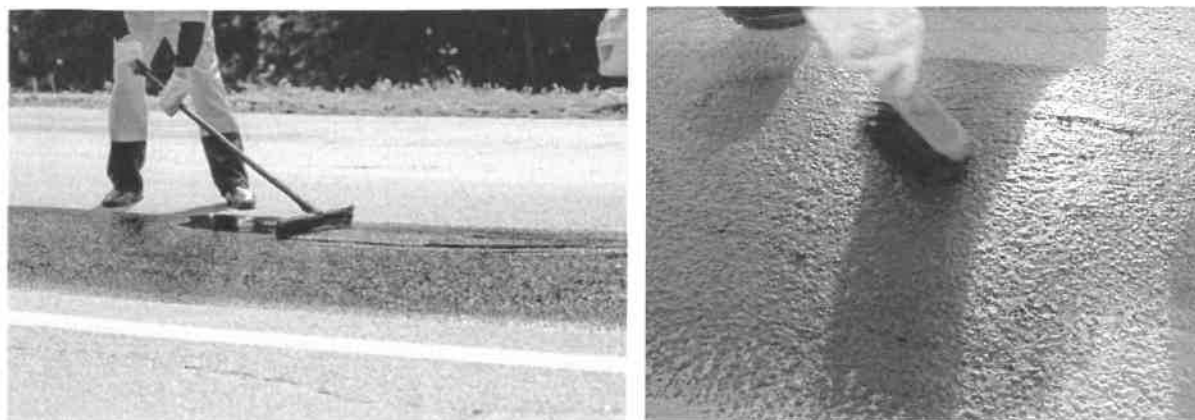


Рисунок 3 – Распределение ГПС вручную

Движение можно открывать после высыхания ГПС и достижения требуемого коэффициента сцепления колеса автомобиля с поверхностью покрытия. Время открытия движения зависит от погодных условий в момент производства работ и количества распределяемого материала.

Список литературы

1 Гидрофобный состав для профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог : пат. Респ. Беларусь : МПК 7E01C14/24 / Д. И. Бочкарёв, В. В. Петрусевич; заявитель Д. И. Бочкарёв, В. В. Петрусевич. – № а 20180114 ; заявл. 23.03.2018.

2 Бочкарёв, Д. И. Исследование влияния профилактической обработки на эксплуатационные и физико-механические свойства материалов автодорожных покрытий / Д. И. Бочкарёв, В. В. Петрусевич // Горная механика и машиностроение. – 2018. – № 2. – С. 82–88.

УДК 629.423.1.016.3

ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ НАПРАВЛЕНИЙ УКРАИНА – БЕЛАРУСЬ

Н. Б. КУРГАН, М. А. ГУСАК, С. Ю. БАЙДАК, Н. П. ХМЕЛЕВСКАЯ
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. акад. В. Лазаряна, Украина

Потребности экономики государства и спрос населения требуют современного уровня транспортного обеспечения, внедрения новых технологий перевозок, подвижного состава нового поколения с более высоким уровнем качественных, технических и экономических показателей эксплуатации.

Сегодня пропускная способность отдельных участков и направлений железных дорог не удовлетворяет требованиям по объемам и скорости грузовых перевозок, а совмещенное движение грузовых и пассажирских поездов по одним и тем же участкам сдерживает внедрение скоростного движения.

Одним из путей решения этой проблемы является реализация Программы электрификации железных дорог Украины до 2020 года, что позволит повысить экономическую эффективность железнодорожного транспорта, уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, обеспечить высокие социальные стандарты транспортных услуг.

В ближайшей перспективе «Укрзалізниця» планирует реализовывать проекты по электрификации участков железных дорог, ведущих к портам Одессы и Николаева, а также к границам с Польшей и Беларусью. В Республике Беларусь ведутся работы по электрификации железных дорог с перспективным выходом на территорию Украины по направлениям Гомель – Чернигов и Жлобин – Калинковичи – Коростень. Сейчас дорабатывается документация по электрификации направлений

на Беларусь и Польшу: Бердичев – Коростень – Словечно – Госграница, Чернигов – Горностаевка – Госграница, Ковель – Изов – Госграница. Электрификация направления Чернигов – Горностаевка запланирована на 2019–2020 годы.

До 2021 года «Укрзалізниця» планирует увеличить эксплуатационную длину электрифицированных путей на 430 км, и доля электрифицированных путей составит около 49 %. Таким образом, это будет первый постсоветский опыт электрификации через новые границы.

Для «Укрзалізниця» электрификация участка Чернигов – Гомель важна потому, что это позволит завершить электрификацию Черниговского узла и продолжить тяговое плечо для электровозов от Киева до Гомеля на направлении Минск – Жлобин – Гомель – Чернигов – Нежин. На направлении из Беларуси на юг и восток Украины значительное движение грузовых поездов, но решение об электрификации участка Гомель – Бахмач пока не принято.

Также есть проект электрификации участка Жлобин – Калинковичи – Коростень и договоренность с литовской железной дорогой о соединении электрифицированной сети Беларуси с электрифицированным участком Литвы в районе Вильнюса. После завершения электрификации трех участков: Гомель – Жлобин, Жлобин – Калинковичи и Молодечно – Гудогай – Госграница – будет создан единый международный электрифицированный коридор из Украины через Беларусь в страны Балтии.

На сегодня пропускная способность однопутных участков железных дорог с тепловозной тягой не удовлетворяет требованиям по объемам перевозок, скорости движения, экологии и экономии энергоресурсов. Маршрутная скорость движения поездов Киев – Минск и Киев – Санкт-Петербург между станциями различна: Киев – Нежин – 85,3 км/ч, Нежин – Чернигов – 60,7 км/ч, Чернигов – Горностаевка – 51,6 км/ч, Горностаевка – Терюха – 45,0 км/ч, Терюха – Гомель – 46,3 км/ч. Средняя маршрутная скорость от Киева до Гомеля (334 км) составляет 51,5 км/ч.

Анализ обозначенных выше участков железной дороги показал, что техническое оснащение существенно влияет на эксплуатационные показатели. Так, участок Киев – Нежин двухпутный, электрифицирован, Нежин – Чернигов – однопутный, электрифицирован, остальные три участка – однопутные, на тепловозной тяге. На направлении Чернигов – Горностаевка – Терюха – Гомель, средняя скорость движения в 1,2–1,3 раза ниже, чем на однопутном электрифицированном участке и в 1,6–1,9 раза ниже, чем на двухпутном.

В работе исследовано, как меняется энергоемкость грузового поезда, движущегося на разных по крутизне уклонах и очертаниях продольного профиля железной дороги. Дана оценка изменению тягово-энергетических показателей при замене тепловозной тяги на электрическую на участках, характеризующихся различным техническим оснащением и условиями эксплуатации.

Методика базируется на анализе мощностей локомотивов (сопоставление тяговых характеристик тепловоза и электровоза) и скорости движения поезда на разных участках продольного профиля.

Известно, что скорость движения поезда на достаточной длине элемента продольного профиля зависит от типа локомотива, массы поезда и общего сопротивления движению. Так как тяговые характеристики тепловоза и электровоза существенно отличаются в диапазоне 30–70 км/ч, то и скорости движения на одинаковых элементах продольного профиля будут разные. Для оценки этого влияния воспользовались соединенными графиками: тяговая характеристика локомотива и кривая общего сопротивления движению. Абсцисса точки пересечения графиков и соответствует постоянной скорости движения поезда на уклоне достаточной длины.

Из полученных результатов тяговых расчетов следует, что грузовой поезд одинаковой массы (в примере – 4000 тонн) с электровозом 2ЭЛ5 движется в 1,6–2,0 раза быстрее на подъемах соответственно 6 и 10 ‰ по сравнению с тепловозной тягой, локомотив 2ТЭ116.

Расчеты выполнялись на участках с разной конфигурацией продольного профиля (профиль в виде «горба», «ямь» и «подъем-спуск»). Наибольший эффект от внедрения электрической тяги достигается в третьем случае.

После анализа различных технологий энергосбережения сделан вывод, что уменьшение расходов на тягу поездов – один из основных путей снижения энергоемкости железной дороги. Расходы на тягу зависят от многих факторов, среди которых одним из основных можно считать режим ведения поезда. Изменение режима ведет к различной механической работе силы тяги локомотива и работе тормозных сил, которая зависит от технического состояния верхнего строения пути, параметров продольного профиля, плана линии и т. п. Разница в стоимости затрат энергоресурсов на тягу

поездов составляет 28–31 % в пользу электрической тяги (в зависимости от соотношения стоимости 1 тонны топлива и 1000 кВт·ч электроэнергии).

При внедрении новых типов электровозов, увеличении массы грузовых поездов и росте средней скорости движения в 1,5–2,0 раза эффективность достигается также за счет сокращения парка электровозов по сравнению с тепловозной тягой.

При внедрении электровозов нового поколения следует также учитывать, что их мощность не используется в полной мере из-за ограничения нормы массы длиной приемо-отправочных путей, а скорости движения часто ограничиваются состоянием путевого хозяйства перегонов и станций. Следовательно, параллельно с электрификацией должны выполняться работы по модернизации железнодорожного пути, переустройству плана линии для устранения ограничений скорости по параметрам кривых, устранению других барьерных мест, ограничивающих максимальную скорость движения.

На направлении Чернигов – Горностаевка – Госграница (Гомель) при эксплуатационной длине участка 66 километров ожидаемое повышение пропускной способности до 25 % при экономической эффективности проекта – 67 млн грн в год.

Электрификация железнодорожных путей в направлении государственной границы – один из самых перспективных проектов для привлечения транзитных потоков. Кроме этого, электрификация участка Чернигов – Горностаевка – Гомель позволит значительно сократить время в пути пассажирских поездов в направлении Киев – Минск, а также ввести дневные ускоренные поезда сообщением Киев – Гомель и Чернигов – Минск.

Внедрение новых технологий, основанных на принципах безопасности перевозок, надежности подвижного состава и транспортной инфраструктуры, перевод участков с тепловозной на электрическую тягу будут способствовать развитию транспортного коридора Балтийское море – Черное море и экономического потенциала промышленных регионов.

УДК 625.112:625.033.3

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СОВМЕЩЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Д. Н. КУРГАН, Д. Л. КОВАЛЬСКИЙ

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. акад. В. Лазаряна, Украина*

Благодаря своему географическому положению и развитой транспортной инфраструктуре такие страны, как Беларусь и Украина имеют значительный потенциал в развитии перевозок, в первую очередь для транзита в логистической цепи товарообмена между Азией и Европой. Однако возможности железнодорожного транспорта для организации таких перевозок используются не в полной мере, поскольку есть ряд технических причин несовместимости транспортных систем, а именно: разная ширина колеи, характеристики подвижного состава, напряжение в контактной сети, габариты и др.

К западной границе идет колея 1520 мм, а в Европе – 1435 мм. Одним из вариантов решения является использование совмещенной колеи, конструкция которой позволяет укладывать одновременно четыре рельса, что обеспечивает пропуск подвижного состава с разной шириной колеи.

Целью данной работы является анализ особенностей напряженно-деформированного состояния совмещенной конструкции пути, прежде всего изменений в работе подшпальной основы из-за применения специальной конструкции железобетонной шпалы с одновременным креплением четырех рельсовых нитей – шпал типа ШЗС-1. Такой тип шпал рекомендован «Техническими требованиями к конструкции железобетонных шпал совмещенной колеи 1520 мм и 1435 мм», утвержденными Комиссией ОСЖД.

В модели используется пространственная система координат, в которой железнодорожный путь задается как набор объектов, которые имеют геометрические размеры и физические свойства. Ее основу составляет описание напряженно-деформированного состояния подрельсовой основы, к которой прикладываются силы, действующие на опоры от прогиба рельса. В объектах подрельсовой

основы возникают напряжения, фронт распространения которых меняется во времени. Зона действия напряжений ограничивается поверхностью, описываемой множеством векторов, положение которых определяет скорость распространения в произвольном направлении, которая зависит от поперечной и продольной скоростей движения волн в среде с заданными модулем упругости Юнга, коэффициентом Пуассона и плотностью. С каждым временным шагом зона действия напряжений увеличивается, разделяя подрельсовую основу на условные сегменты. Каждый такой сегмент состоит из отдельных элементов – зон пространства, ограниченного четырьмя смежными векторами. Суммарные данные по каждому объекту составляют информацию о напряженном состоянии сегмента. Динамическая деформация сегмента подчинена системе дифференциальных уравнений. Ее решение определяет напряжение (деформации) любой точки подрельсового пространства.

Рассмотрено движение пассажирского вагона по железнодорожному пути обычной конструкции, взятой в качестве эталона для дальнейшего анализа: рельсы Р65, железобетонные шпалы Ш-1-1, щебеночный балласт толщиной 60 см. В приведенных примерах модуль деформации балласта был принят 200 МПа, земляного полотна – 35 МПа, что соответствует общему модулю упругости подрельсового основания указанной конструкции железнодорожного пути на уровне 50 МПа – принятое значение для большинства типовых расчетов пути на прочность; величина силы, действующей от рельса на опору, получена на уровне 30 кН. Аналогично была рассмотрена конструкция пути для совмещенного движения, отличная от эталонной применением шпал типа Ш2С-1.

Основные результаты расчетов составили матрицы напряжений в подшпальной основе на момент размещения колеса в сечении рассматриваемой шпалы, пример в изолиниях показан на рисунке 1. Такой подход дает возможность проанализировать значения максимальных напряжений, их распространение и затухание как по длине шпалы, так и по глубине (в балласте, в земляном полотне и при переходе между слоями).

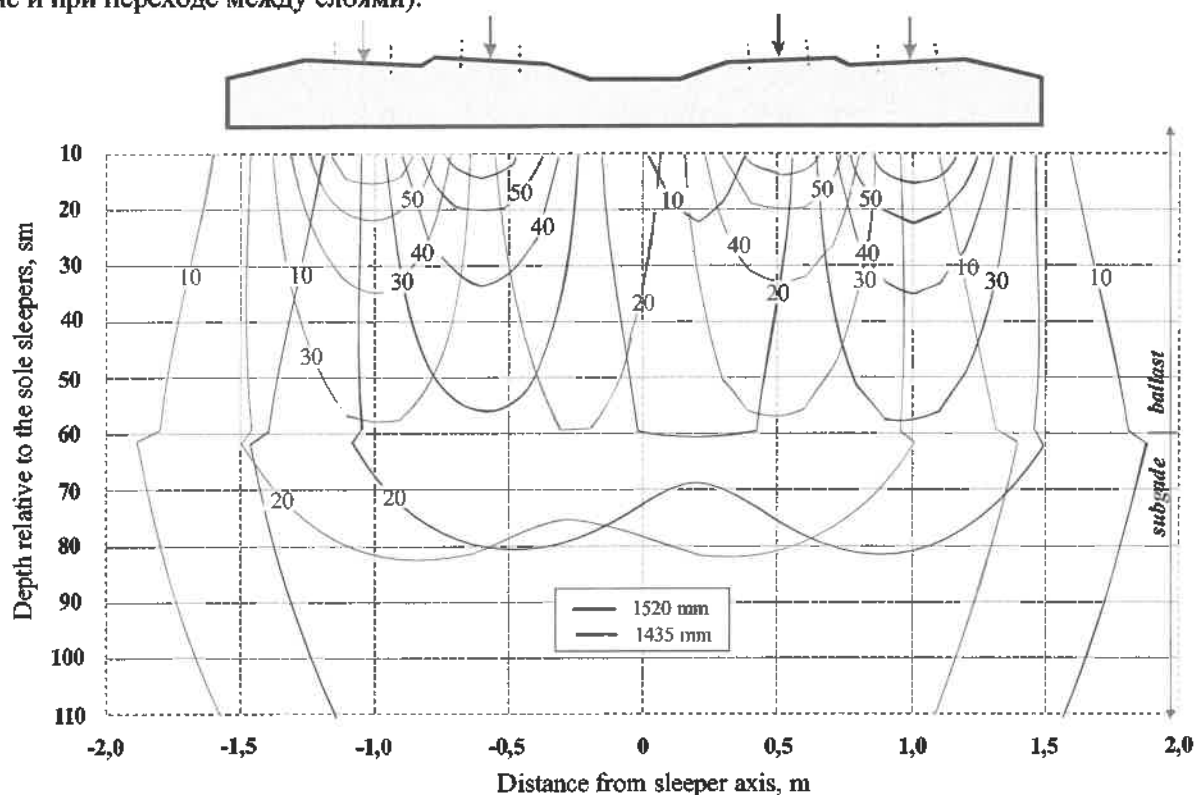


Рисунок 1 – Результат моделирования распределения напряжений под шпалой Ш2С-1, кПа

Процесс накопления деформаций балластного слоя при прохождении поездов можно разделить на две фазы: первая происходит сразу после введения участка в эксплуатацию как стабилизация пути благодаря уплотнению структуры балласта; вторая (существенно медленнее) длится весь дальнейший срок эксплуатации за счет многоциклической нагрузки, попадания загрязнителей, появления отступлений в геометрии пути и др. В настоящее время существует много методик, описывающих процесс накопления деформаций от количества циклов нагрузок и ряда других факторов.

В данном исследовании за основу были взяты матрицы напряжений в подшпальной основе. В разных точках возникают различные напряжения (см. рисунок 1), что приводит к образованию в балласте зон с различным давлением. Принята гипотеза, что девиация частиц балласта (которая особенно характерна для первой фазы деформаций) будет иметь приоритетные направления в зону с меньшими напряжениями.

Для шпалы Ш-1-1 девиация балласта имеет постоянные направления, симметричные относительно приложения нагрузки и по длине шпалы. Это способствует быстрому завершению первой фазы стабилизации и работе балластного слоя во второй фазе в стадии, приближенной к упругой.

Для шпалы Ш2С-1 наблюдается асимметричное распределение направлений девиации балласта для каждого из вариантов эксплуатации (движение по колею 1520 и 1435 мм) за счет как несимметричности конструкции шпалы, так и несимметричности приложения нагрузки. Кроме того, при движении по разной ширине колеи, меняется и направление девиации, в некоторых зонах – в основном в сечениях расположения рельсов – направление может меняться более чем на 90° или даже на противоположное. Наверное, при достаточном и равномерном первичном уплотнении балластного слоя это не будет причиной для осложнения работы пути, особенно, учитывая относительно небольшие значения общих напряжений. Однако при наличии отклонений в уплотнении балласта это становится существенным фактором, приводит к увеличению времени первой фазы стабилизации и росту интенсивности накопления остаточных деформаций при дальнейшей эксплуатации.

Полученные результаты могут быть полезны для выработки рекомендаций по уплотнению балласта и использования дополнительных средств для улучшения устойчивости, таких как георешетки или специальные связывающие вещества.

УДК 625.161.6:625.1.033

БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ С АВТОМОБИЛЬНЫМИ

М. Б. КУРГАН, Д. М. КУРГАН, О. Ф. ЛУЖИЦЬКИЙ

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. акад. В. Лазаряна, Украина*

Пересечение автомобильных дорог с железной дорогой в одном уровне является зоной повышенной опасности для железнодорожного и автомобильного транспорта. В ведении «Укрзалізниця» находится 4945 железнодорожных переездов, из которых 2343 – с автобусным движением; 27,2 % оборудованы устройствами автоматики; 7,7 % – четырьмя шлагбаумами, которые обеспечивают вместе с основными шлагбаумами полное перекрытие проезжей части автодороги, и только восемь переездов оборудованы заградительными барьерными установками. В течение 2018 года произошло 79 дорожно-транспортных происшествий на железнодорожных переездах и путях вне переездов, в результате которых погибли 16 человек и еще 30 получили ранения. В Украине действует Государственная программа повышения безопасности дорожного движения до 2020 года, но в ней не нашли отражения вопросы строительства путепроводов, которые бы заменили переезды.

Почти половина всех переездов расположена на маршрутах основных пассажирских перевозок. Отсюда возникает проблема содержания и обслуживания мест пересечения железной дороги и автодороги. Известно, что при реконструкции железной дороги для введения скоростного движения поездов выполняются работы по выправке пути в профиле и в плане, однако в зоне переездов такие работы выполнить сложно, и, как показал анализ путеизмерительных лент, часто перед и за переездным настилом образуются неровности в плане, что приводит к снижению комфортабельности езды.

Целью данной работы является исследование влияния неровностей пути в зоне переездов на безопасность движения поездов. Результаты исследований проблемы пересечения железнодорожных путей и переездов с разной степенью детализации изложены в трудах отечественных и зарубежных ученых: В. Н. Образцов, Ф. И. Шаульский, С. В. Земблинов, К. Ю. Скалов, А. М. Корнаков, К. К. Таль, Б. Б. Штанге, А. А. Поляков, В. П. Ходатаев, В. А. Бураков, Н. С. Усков, В. Н. Правдин, Г. Поттгоф, Х. Крампе, К. Лейбрандт и др.

В начале 90-х годов прошлого века проводились исследования, касающиеся формирования оптимальной схемы пересечения железной дороги с автомобильными. Этим вопросам посвящена,

например, диссертация Н. В. Довгелюк. При всей важности выполненных исследований проблема безопасности движения на переездах не утратила актуальности. При весьма детальной проработке ряда технических вопросов (размещение переездов, их оборудования, обеспечение безопасности движения на переездах средствами сигнализации и др.) многие аспекты проблемы остаются недостаточно изученными. Остановимся на некоторых исследованиях, проведенных в последние годы. Основываясь на теории случайных процессов, А. И. Ганичев разработал модель, с помощью которой исследована система обеспечения безопасности движения на железнодорожных переездах. Недостатком можно считать то, что исследования проведены применительно к нерегулируемым переездам, удельный вес которых на основных направлениях международных транспортных коридоров невелик.

Научный интерес представляет определение задержек транспортных средств, грузов и пассажиров на переездах, которые являются барьерными местами на направлениях международных транспортных коридоров. Так, С. Т. Гатгаулин приводит рекомендации по определению экономического ущерба, наносимого задержкой автотранспорта на переездах. В. П. Мохонько предложены новые алгоритмы функционирования железнодорожных переездов, позволяющие существенно повысить безопасность движения и улучшить экологическую обстановку на переездах. Следует отметить актуальность работы Н. А. Тарадина, посвященной разработке теоретических методов оценки показателей безопасности функционирования систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики с учетом условий эксплуатации.

Но, как следует из краткого обзора работ, вопросы влияния на плавность и безопасность движения поездов состояния железнодорожного пути в зоне переездов, наличия отступлений в профиле и плане недостаточно изучены.

При проведении реконструкции пути должны выполняться работы по восстановлению проектных параметров профиля, плана, ремонту или переустройству переездов. Но при отсутствии достаточного финансирования и других объективных причин вышеуказанные работы не выполняются в полном объеме, что влияет на плавность и безопасность движения поездов. Анализ проектов капитальных ремонтов и модернизации пути, а также натурные обследования показали, что на подходах в зоне расположения переездов возникают неровности в плане, так называемые «изломы», которые в некоторых проектах не показывают из-за отсутствия соответствующей нормативной базы.

Анализ путеизмерительных лент в пределах переездов и выполненные авторами расчеты показали, что наличие отступлений в плане и профиле в пределах железнодорожных переездов и на подходах к ним ухудшают состояние железнодорожного пути и, как следствие, снижается плавность и комфортабельность езды.

Конструкции и состояние пути в пределах переезда влияют на условия взаимодействия пути и подвижного состава, плавность и безопасность движения. Сегодня существуют возможности для съемки натурной геометрии железнодорожного пути. Для проведения исследований по большому количеству участков и за длительный срок эксплуатации наиболее удобным, прежде всего, учитывая регулярность заездов, остается лента путеизмерительного вагона.

На путеизмерительных лентах, которые были приняты к анализу, отделялись участки длиной 30 м в зоне переезда и на расстоянии 100 м до и после него. Вычисления выполнялись для неровностей в горизонтальной (в плане) и в вертикальной плоскостях.

Проведенный статистический анализ показал устойчивую тенденцию роста неровностей пути в зоне расположения переезда. Как правило, показатель, характеризующий отклонение в вертикальной плоскости, изменялся в 1,3–3,2 раза и в 1,2–2,0 раза – в горизонтальной плоскости по сравнению с участками за пределами переезда. Исследования показали, что для зоны переезда появление и развитие отклонений в пути в основном является следствием двух факторов: особенности выполнения выправочно-подбивочно-рихтовочных работ и изменения в конструкции пути. Для решения задач взаимодействия экипажа и пути при движении по пути с различными отступлениями в ее содержании было применено математическое моделирование.

При повышении скоростей движения поездов увеличивается динамическое воздействие на путь подвижного состава, в связи с чем имеет место рост вертикальных и горизонтальных сил и, как следствие, изменяются показатели, характеризующие безопасность движения поездов. Вертикальные и горизонтальные неровности для участков вне переездов приняты по результатам прохода путеизмерительного вагона. В зоне переездов учитывались дополнительные неровности.

Моделирование движения экипажа выполнялось для максимальных скоростей 80, 100 и 120 км/ч на пути с неровностями, которые оценивались как отступления I, II и III степени.

Установлено, что при повышении скорости движения имеет место резкий рост поперечных сил в сочетании с кратковременным уменьшением вертикальной нагрузки. Чтобы исследовать как влияет уровень неровностей пути на безопасность движения рассматривались следующие показатели: условие обеспечения устойчивости рельсошпальной решетки против сдвига по балласту, коэффициент горизонтальной динамики пути, который является критерием безопасности от сдвига рельсошпальной решетки, проверка устойчивости колес против вкатывания на головку рельса.

Расчеты показали, что при максимальной скорости 120 км/ч коэффициент горизонтальной динамики меньше 0,40, то есть условие безопасности от поперечного смещения рельсошпальной решетки обеспечивается. Проверка по обеспечению безопасности от схода колес с рельсов показала, что при скорости движения 120 км/ч коэффициент запаса устойчивости колеса против вкатывания на головку рельса меняется от 2,6 до 1,5 и при дальнейшем росте неровностей пути с учетом неравноупругости подрельсового основания может стать меньше допустимого значения 1,4, что вызовет угрозу безопасности движения поездов.

Из приведенных результатов следует, что локальные изменения жесткости пути, которые имеют место на железнодорожных переездах, оказывают влияние на условия взаимодействия пути и подвижного состава, плавность движения и комфортабельность езды и при росте скорости движения с одновременным ростом неровностей пути в профиле и плане на подходах и в зоне переездов могут вызвать угрозу безопасности движения поездов.

Принятые технические и организационные меры как на зарубежных, так и на украинских железных дорогах, пока не решили проблему с безопасностью на железнодорожных переездах.

УДК 624.21.09

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ НЕРАЗРЕЗНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ

С. Н. ЛАЗБЕКИН

РУП «Гомельавтодор», Республика Беларусь

Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Основной задачей деформационных швов мостовых сооружений и путепроводов является компенсация температурных деформаций пролетных строений. Величина деформаций зависит от длины пролетного строения и материала, из которого оно сделано. В Республике Беларусь на сегодня достаточно большое число мостов и путепроводов имеют железобетонное пролетное строение. В городской черте на путепроводах можно встретить балочные разрезные, а на больших мостах – балочные неразрезные железобетонные пролетные строения. Конструкции деформационных швов этих сооружений нельзя назвать достаточно эффективными, так как чаще всего именно в районе швов образуются разного рода дефекты мостового полотна. Многочисленные дефекты и деформации приводят к нарушению гидроизоляции и возникновению различных динамических ударов от движения транспортных средств, что снижает срок службы сооружения. Металлические пролетные строения на автодорожных мостах раньше использовали довольно редко.

В последние годы на некоторых мостах транзитных направлений введены ограничения нагрузки на ось транспортного средства, и в единичных случаях всё мостовое сооружение признавалось аварийным и непригодным для движения транспорта. Подобные аварийные сооружения или практически полностью перестраивались, или рядом с существующими возводили новое мостовое сооружение. Причем устраивали на этих мостах металлические неразрезные пролетные строения, разработанные по индивидуальным проектам под каждый конкретный объект и условия эксплуатации. Металл и бетон имеют разные коэффициенты температурного расширения, что обусловлено различиями в структуре материалов.

Всю совокупность воздействий на деформационный шов мостового сооружения можно разделить на три большие группы факторов: погоднo-климатические (изменение температуры, вид и продолжительность осадков и т. д.); эксплуатационные (истирающее воздействие, частота приложения транспортной нагрузки, загрязнение шва и т. д.); конструкционные (различные перемещения

пролетных строений). Деформационные швы классифицируются следующим образом: открытые, закрытые, заполненные, перекрытые (включая швы откатного типа). Наиболее значимой характеристикой деформационного шва являются предельные перемещения. Важно учитывать не только предельные перемещения, перпендикулярные оси шва, но и горизонтальные перемещения вдоль оси шва, а также возможные вертикальные перемещения одной кромки шва относительно другой. Такое многообразие условий вызывает необходимость в проектировании индивидуальной конструкции деформационного шва под каждый конкретный случай, при этом следует предусмотреть возможности разумной типизации решений, для того чтобы снизить стоимость и сократить сроки производства элементов шва и его устройства.

Проект нового строительства автодорожного моста через р. Сож на 426-м километре автомобильной дороги М-8/Е95 (граница с РФ (Езерище) – Витебск – Гомель – граница с Украиной (Новая Гута)), являющейся частью европейского маршрута Е95 и основного рукава IX панъевропейского транспортного коридора Хельсинки – Александруполис, предусматривает устройство неразрезного металлического пролётного строения. Всего на сооружении устанавливается два деформационных шва – на береговых опорах. Деформационные швы предусмотрены водонепроницаемые многопрофильные с металлическим окаймлением и непрерывным на всю ширину мостового полотна резиновым компенсатором в соответствии с требованиями ТКП 318–2018. Конструкция швов кроме горизонтальных продольных перемещений от температуры и перемещений от временных нагрузок способна воспринимать горизонтальные поперечные перемещения, что исключает горизонтальные усилия в деформационном шве при нагреве одной из главных балок солнечной радиацией. Вывод резинового компенсатора в уровень верха служебного прохода обеспечивает беспрепятственный сток поверхностной воды с пролётного строения за устой.

УДК 624.21.09

ИННОВАЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

С. Н. ЛАЗБЕКИН

РУП «Гомельавтодор», Республика Беларусь

Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ, П. Ю. ЭТИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Дорожная сеть Республики Беларусь обеспечивает не только транспортные связи между населенными пунктами, но и транзит грузов и пассажиров через территорию страны по международным транспортным коридорам. За последние десятилетия реконструкция магистральных автомобильных дорог позволила увеличить скорости и повысить безопасность дорожного движения. Практически каждый из этих проектов включал строительство новых или реконструкцию существующих мостов и путепроводов. Оптимальным вариантом на дорогах I категории является вариант со строительством двух отдельных мостов (для каждого направления движения). В случае возникновения аварийной ситуации или необходимости производства ремонтных работ с перекрытием дорожного движения второй мост обеспечит бесперебойное движение транспорта. Однако мостовые сооружения на остальных участках дорог постепенно исчерпывают ресурс службы. В зависимости от результатов обследования и прогнозов дальнейшего развития дефектов и деформаций для каждого конкретного случая разрабатывается индивидуальная стратегия действий, учитывающая необходимость обеспечения непрерывного транспортного сообщения в районе тяготения или при отсутствии такой возможности минимальные сроки производства ремонтных работ. Опыт эксплуатации типовых конструкций автодорожных мостов, построенных несколько десятилетий назад, позволил определить современное направление развития мостостроения в Беларуси – разработка индивидуальных проектов мостовых переходов под конкретные гидрогеологические условия и условия эксплуатации. Также важно обеспечить долговечность конструкций мостовых переходов и максимально увеличить межремонтные сроки, так как затраты на капитальный ремонт или реконструкцию моста достаточно велики.

В ноябре 2019 года открыто автомобильное движение по мосту через р. Сож на 426,8-м км автомобильной дороги М-8/Е95 граница РФ (Езерище) – Витебск – Гомель – граница с Украиной (Новая Гута). Длина нового моста – 562 м. Данное сооружение возведено для замены существующего моста, коробчатое железобетонное пролетное строение которого по результатам обследования признано непригодным для ремонта. В будущем это аварийное пролетное строение будет заменено, также необходимо доустройство существующих и возведение дополнительных опор, устройство сопутствующих элементов моста.

Пролетное строение нового моста цельнометаллическое балочное неразрезное с ортотропной плитой проезжей части. Неразрезное пролетное строение обладает значительным преимуществом – минимальное количество деформационных швов. Конструкция пролетного строения состоит из двух главных балок, объединенных в уровне верхних поясов ортотропной плитой, поперечными связями, а также продольными связями в уровне нижних поясов. Пролетное строение установлено на опорные части с шаровым сегментом в соответствии с перемещениями и нагрузками на каждой опоре. На одной из опор предусмотрена неподвижная опорная часть. Пролетное строение возводилось методом продольной надвигки. Использование аванбека (временная консольная конструкция) при продольной надвигке позволило отказаться от возведения временных дополнительных опор и тем самым снизить стоимость и продолжительность строительства.

Металлическое пролетное строение будет воспринимать не только транспортную нагрузку, оно также подвержено негативному влиянию окружающей среды: температурные деформации, коррозия и пр. Для компенсации перемещений, вызванных изменениями температуры окружающей среды, устраиваются деформационные швы. Защита металлических конструкций от коррозии обеспечивается за счет комплексного покрытия, состоящего из грунтовочного и покрывного слоев. Для покрывного слоя использовалась полиуретановая краска, устойчивая к ультрафиолетовому излучению. При этом грунтование основных металлических конструкций производилось на заводе-изготовителе, а покраска – непосредственно на объекте.

УДК 625.142.21

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БРУСЬЯХ

В. В. ЛИТОХИНА

Белорусская железная дорога, г. Кричев

В. М. ШАПОВАЛОВ

*Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого
НАН Беларуси, г. Гомель*

В. И. ИНЮТИН, С. С. КОЖЕДУБ, М. А. КРАСНОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Безопасное движение поездов во многом зависит от прочности и надежности подстрелочного основания. На главных и станционных путях Белорусской железной дороги уложено значительное количество стрелочных переводов железобетонными брусьями. Стрелочные переводы с комплектами резиновых прокладок закупаются на предприятиях России, так как в нашей стране они не производятся. Поэтому актуальным становится использование вторичного сырья для изготовления комплектов прокладок на железобетонные брусья.

Целью данной статьи является разработка технологии переработки отходов кожевенно-обувных производств и вторичного полиэтилена в композиционный материал, предназначенный для изготовления деталей железнодорожного пути, в частности, комплектов прокладок на брусья стрелочных переводов.

Предварительно проведенные исследования показали, что существенным недостатком при смешивании данных отходов с расплавом полимера является его распределение в композиционной системе, что во многом определяется процессом смачивания частиц кожи полимером. Формирование

наполненных полимерных систем предусматривает взаимодействие их компонентов, возникающее в результате смачивания расплавом термопласта поверхности наполнителя (субстрата). Используя представления, развиваемые для жидкостей, была отмечена их аналогия с поведением капли расплава термопластичного полимера. Среди факторов, влияющих на смачивание термопластом твердой поверхности, следует выделить условия контактирования капли расплава и поверхности, пространственную ориентацию системы, наличие рецептурных и технологических особенностей формирования, исследования которых для системы расплав термопласта – твердая поверхность ограничены. В то же время представления о смачивании расплавом термопласта твердой поверхности в предположении установившегося равновесия в исследуемой системе полезны, прежде всего, для понимания основных тенденций, связанных с распределением связующего в наполненной системе. Однако процесс смачивания развивается во времени и характеризуется определенными кинетическими закономерностями, которые для каждой новой исследуемой системы приносят свои специфические особенности. Это проявляется и для таких сложных по структуре веществ, как отходы обувного производства в виде хромовой кожи, юфти и микропористой резины.

Установлены рецептурно-технологические параметры переработки компонентов в композиционный материал. Определено количественное содержание компонентов в композиции, которое находится для вторичного полиэтилена в интервале 58–60 мас. %, а для наполнителя – 40–42 мас. %. Показано существенное влияние температурных режимов переработки на прочностные свойства композиций. Так, при температуре переработки 110–130 °С ударная вязкость композиционного материала не превышает 2–28 кДж/м², что обусловлено высокой вязкостью расплава полиэтилена, не способствующего его проникновению в поры частиц кожи и его распределению в композиционной системе. При температуре свыше 145 °С начинается термодеструкция кожевенных отходов, что также приводит к резкому снижению ударной вязкости материала. Наибольшая ударная вязкость материала $a = 30 \dots 34$ кДж/м² достигается при температуре его переработки 135–145 °С, когда полиэтилен, обладая достаточной вязкостью, более интенсивно проникает в поры наполнителя, а в самой коже не происходит термодеструктивных процессов. Одной из причин, обеспечивающих протекание такого эффекта, является смачиваемость наполнителя расплавом полимера. Предварительно проведенные исследования краевого угла смачивания кожи хромовой ϕ_k показывают, что при температуре 110–130 °С его показатель находится в пределах $\phi_k = 90^\circ$. При увеличении температуры до 150–160 °С наблюдается снижение краевого угла смачивания до $\phi_k = 40^\circ$, что указывает на понижение вязкостных значений полиэтилена при увеличении температуры переработки и усиления впитывания кожей расплава полимера.

Эффективность формирования материала также во многом зависит от времени горячего прессования – и давления прессования. Установлено, что оптимальное время горячего прессования исследуемых композиционных материалов находится в пределах 8–10 мин, а давление прессования – в интервале 10–12 МПа.

Исследовано влияние фракции измельченной кожи на прочность получаемых композитов. Показано, что наилучшие прочностные свойства материала получены при использовании фракции 0,2–2,5 мм. Так, для фракции 0,2–2,5 мм прочность при растяжении составила 15,4 МПа, в то время как для фракций 2,5–5,0 мм и 3,5–6,5 мм – 10,2 МПа и 5,6 МПа соответственно.

К недостаткам исследуемой технологии переработки следует отнести малую насыпную плотность получаемого композиционного материала, что затрудняет его загрузку в пресс-формы. Для устранения этого недостатка предложено композицию предварительно уплотнять путем ее гранулирования.

С этой целью разработано специальное устройство. Устройство для уплотнения и гранулирования пресс-массы содержит корпус, над которым установлен бункер для загрузки материала. Под бункером установлены вращающиеся навстречу друг другу валки. Поверхность валков выполнена в виде зубьев, расположенных кольцевыми рядами, зубья одного ряда смещены на половину шага относительно зубьев смежного ряда. Зубья, расположенные в смежных рядах по оси валка со смещением относительно друг друга, выполняют роль поршня, а во впадинах между зубьями расположен слой резины, имеющей волнообразную форму. Установленные таким образом по оси валка зубья создают над каждым формовочным отверстием прессующую камеру.

Резина во впадине зуба укреплена жестко, с помощью клея. Выталкивание гранул из впадины зуба осуществляется за счет упругих свойств резины, которые у гребня и впадины упругого материала разные.

Устройство работает следующим образом. Пресс-масса подается в бункер, захватывается вращающимися навстречу друг другу валками. Одновременно захват одинакового количества массы при каждом обороте валков из бункера обеспечивается наличием зубьев. Пресс-масса, попадая в формовочное отверстие, сжимается зубьями. В формовочном отверстии сжимается также и резина, при этом гребни резины деформируются гораздо больше, чем впадины. Это происходит за счет разной толщины резины у гребня и впадины. После снятия давления при каждом повороте валков в формовочном отверстии волнообразная резина своими гребнями выталкивает гранулы из впадин между зубьями.

Сжатие резины происходит вследствие непрерывного хаотического теплового движения молекулярных звеньев, при этом молекулы каучука находятся не в растянутом, а в свернутом состоянии. При приложении к резине сжимающей силы молекулы каучука начинают скручиваться вдоль направления сжимающей силы. После прекращения растяжения наблюдается восстановление первоначальных размеров образца, он расширяется вследствие теплового движения молекул, которые снова стремятся принять первоначальное хаотическое свернутое состояние. Таким образом, благодаря волнообразной форме резины во впадинах зубьев и механическим процессам, протекающим в резине, достигается эффект выталкивания пресс-массы.

В результате проведенных исследований установлены рецептурно-технологические параметры переработки смеси измельченных отходов кожевенно-обувных производств и фракционированного вторичного полиэтилена в композиционный материал с улучшенными прочностными свойствами для изготовления деталей железнодорожного пути, в частности, комплектов прокладок на брусья стрелочных переводов.

УДК 625.142.21

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ

В. В. ЛИТОХИНА

Белорусская железная дорога, г. Кричев

В. М. ШАПОВАЛОВ

Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель

В. И. ИНЮТИН, С. С. КОЖЕДУБ, М. А. КРАСНОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Во многих странах ведется усиленный поиск оптимальной конструкции безболтовых промежуточных рельсовых креплений с пружинными клеммами, позволяющими упруго воспринимать динамические воздействия колес подвижного состава на путь без существенного снижения силы нажатия клеммы на подошву рельсов.

Одним из примеров в использовании таких креплений является безболтовое анкерное крепление СБ-3, которое успешно применяется на железных дорогах Польши и Республики Беларусь. В то же время изоляторы, применяемые в безболтовом рельсовом креплении СБ-3, изготавливаются из полиамидных материалов, которые не всегда отвечают требованиям климатических и эксплуатационных условий. В первую очередь, по причине отрицательного воздействия воды на свойства полиамидной матрицы. Сорбирование полиамидами воды из окружающей среды приводит к снижению жесткости материала, а при температурах ниже 0 °С – к значительному увеличению его хрупкости. Кроме того, в процессе эксплуатации происходит деформация изолятора из полиамидного материала. Это обуславливает постепенное ослабление нажатия упругой пружины на изолятор, что приводит к снижению погонного сопротивления сдвигу рельсовых нитей.

Учитывая это обстоятельство, а также необходимость улучшения надежности и долговечности изоляторов, обратились к композитам на основе ФФС, используя подход, основанный на целенаправленном модифицировании связующего. При этом перспективным направлением создания подобных новых композиционных материалов является использование для их изготовления вторич-

ных материалов, что позволяет создавать не только усовершенствованные изделия с улучшенными свойствами и низкой себестоимостью, но и решать вопросы охраны окружающей среды.

В связи с этим целью исследований является разработка композиционных материалов на основе фенолформальдегидной смолы (ФФС), модифицированной эпоксидной смолой (ЭД) и армированной органическими волокнами (ВВ) в присутствии дисперсного наполнителя и целевых добавок.

Методика планирования и обработки результатов эксперимента показана на примере создания композиционных материалов на основе вторичных вискозных волокон. Параметрами оптимизации служили прочность при сжатии ($Y_1 - \sigma_{сж}$, МПа), прочность при изгибе ($Y_2 - \sigma_{и}$, МПа), ударная вязкость ($Y_3 - a$, кДж/м²) и твердость ($Y_4 - НВ$, МПа), а в качестве факторов – содержание в связующих эпоксидных смол ($X_1 - C_1$), фосфогипса ($X_2 - C_2$) и вискозных волокон ($X_3 - C_3$). Композиционный материал на основном уровне планирования содержал: ЭД-20 20 ± 10 мас. ч., ФГ 10 ± 4 мас. ч., вискозных волокон 110 ± 20 мас. ч. на 100 мас. ч. ФФС.

Предварительно проведенные исследования показали, что наилучшие физико-механические свойства были получены у композитов с модифицированной ФФС. Так, прочность при изгибе образцов с ВВ, модифицированных ЭД-20, составила 70,7 МПа (для исходных 58,2 МПа).

При оптимизации рецептурного состава композита после обработки экспериментальных данных методом центрального композиционного ротатабельного планирования получили уравнения, отражающие влияние ингредиентов на физико-механические характеристики композиционного материала, (1)–(4):

$$Y_1 = 216,4 - 2,973X_1 - 5,854X_2 + 13,57X_3 - 2,113X_1X_2 + 3,454X_1X_3 - 1,246X_2X_3 + 1,521X_1^2 - 5,074X_2^2 - 4,096X_3^2; \quad (1)$$

$$Y_2 = 61,17 - 1,376X_1 + 0,235X_2 + 2,961X_3 + 0,258X_1X_2 + 0,742X_1X_3 - 4,033X_2X_3 + 5,577X_1^2 - 0,192X_2^2 - 3,609X_3^2; \quad (2)$$

$$Y_3 = 36,52 - 2,366X_1 - 1,048X_2 + 3,79X_3 - 0,055X_1X_2 - 1,685X_1X_3 - 1,72X_2X_3 - 2,271X_1^2 - 0,475X_2^2 - 2,577X_3^2; \quad (3)$$

$$Y_4 = 403,2 - 3,039X_1 + 2,707X_2 + 15,9X_3 + 9,25X_1X_2 - 12X_1X_3 - 8X_2X_3 - 2,243X_1^2 - 4,069X_2^2 - 11,97X_3^2. \quad (4)$$

Проверку адекватности полученных математических моделей проводим по критерию Фишера. Экспериментальные значения критерия Фишера F_3 для Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 соответственно составляют 0,84, 2,31, 0,39 и 0,61. Табличное значение критерия Фишера для 5%-ного уровня значимости составляет $F_7 = 5,05$, следовательно, полученные уравнения адекватны.

Анализ уравнений (1)–(4) показал, что наибольшее воздействие на повышение физико-механических показателей композиционного материала оказывает содержание в связующем ВВ и взаимное влияние концентрации ЭД и ФГ.

С целью выявления причины такого влияния исследовали дифференциально-термическим методом (ДТА) взаимодействие компонентов в модельных композициях связующего. Из полученных данных видно, что добавка малых количеств ФГ как в ЭД и ФФС, так и их смесь приводит к снижению энергии активации полимеризации связующих по сравнению с ненаполненными смолами. При этом существенно снижается температура максимума экзотермического пика T на кривых ДТА ЭД и ФФС.

Приведенные данные свидетельствуют о каталитическом влиянии ФГ на процесс взаимодействия компонентов связующего. Это способствует (при одной и той же продолжительности термообработки) формированию в объеме полимерной матрицы сетчатой структуры с большей степенью сшивки по сравнению с ненаполненными смолами, что приводит к повышению физико-механических свойств.

Обработка уравнений (1)–(4) показала, что полученный материал имеет следующие физико-механические свойства: предел прочности при сжатии – 221 МПа; предел прочности при изгибе – 70,7 МПа; ударная вязкость – 41,75 кДж/м²; твердость – 430,4 МПа.

Повышение стойкости материала к фрикционной контактной усталости в процессе эксплуатации достигается использованием смеси спиртового раствора поливинилбутирала (ПВБ) и оксинитрата алюминия (ОНА). Композиционный материал на основном уровне планирования содержал: ПВБ 5 ± 3 мас. ч. ($X_1 - C_1$), ОНА 20 ± 10 мас. ч. ($X_2 - C_2$), вискозных волокон 105 ± 25 мас. ч. ($X_3 - C_3$) на 100 мас. ч. ФФС. Параметры оптимизации выбраны аналогичные: прочность при сжатии ($Y_5 - \sigma_{сж}$, МПа), прочность при изгибе ($Y_6 - \sigma_{и}$, МПа), ударная вязкость ($Y_7 - a$, кДж/м²) и твер-

дость (Y_8 – НВ, МПа). Обработка экспериментальных данных позволила получить следующие уравнения регрессии (5)–(8):

$$Y_5 = 227,2 - 0,517X_1 - 1,756X_2 + 3,490X_3 + 6,996X_1X_2 - 8,340X_1X_3 - 5,083X_2X_3 + 1,559X_1^2 + 2,908X_2^2 - 3,061X_3^2; \quad (5)$$

$$Y_6 = 63,31 + 1,414X_1 - 0,124X_2 - 0,078X_3 - 0,036X_1X_2 - 4,032X_1X_3 + 2,914X_2X_3 - 1,077X_1^2 + 6,702X_2^2 + 0,458X_3^2; \quad (6)$$

$$Y_7 = 36,75 + 1,071X_1 - 0,359X_2 + 0,294X_3 + 2,106X_1X_2 - 0,671X_1X_3 - 2,687X_2X_3 - 0,846X_1^2 - 1,468X_2^2 + 0,457X_3^2; \quad (7)$$

$$Y_8 = 424,7 - 0,508X_1 + 8,477X_2 + 3,054X_3 + 1,892X_1X_2 + 0,370X_1X_3 - 10,69X_2X_3 - 6,383X_1^2 + 3,238X_2^2 + 0,103X_3^2. \quad (8)$$

Проверку адекватности полученных математических моделей (5)–(8) проводили по критерию Фишера $F_T = 5,05$. Экспериментальные значения критерия F_3 меньше табличных и соответственно составляют 1,183; 0,207; 1,211; 1,127.

Анализ уравнений (5)–(8) показал, что наибольшее воздействие на повышение физико-механических показателей композиционного материала оказывает соотношение содержания в связующем ВВ и модифицирующей добавки ПВБ.

Из разработанных материалов изготовлены изоляторы для рельсового скрепления СБ-3, которые уложены для эксплуатационных испытаний на железнодорожном полотне. Изготовление торцевых прокладок и изолирующих втулок для скрепления позволит повысить надежность работы изолирующих стыков и рельсовых скреплений типа КБ и снизить их себестоимость в 1,5–2,0 раза.

УДК 625.143.3:620.179.05

МАГНИТОДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД РЕЛЬСОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

В. М. ЛУСТОВ

Белорусская железная дорога, г. Минск

А. Г. ЖУКОВЕЦ, Н. А. ОРЕХВО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При интенсивном движении поездов в рельсе возникают и постепенно развиваются различные дефекты. Если дефект не будет обнаружен вовремя, это может привести к излому рельса и крушению поезда. Значительная часть опасных дефектов может быть выявлена магнитодинамическим методом, который наряду с другими методами контроля: ультразвуковым, визуальным и измерением неровности рельсового пути – реализован в совмещенном вагоне-дефектоскопе разработки ОАО «Радиоавионика».

В 1997 году удалось реализовать новую систему намагничивания, когда магниты находятся на осях специальной индукторной тележки, т. е. оси выполняют роль соленоидов, а колеса тележки – магнитных полюсов, при этом получаем несколько положительных факторов: 1) стабильный магнитный поток, потому что нет зазора между полюсом и рельсом; 2) увеличение базы между полюсами до 3 м, а это дает более стабильный поток и более глубокое проникновение магнитного потока в рельс. В результате стало возможно находить дефекты на глубине до 15–20 мм. Ранее с помощью П-образного магнита можно было находить дефекты только на глубине до 4 мм, т. е. в несколько раз увеличилась глубина обнаружения дефектов магнитным методом.

На раме вагона между ходовыми тележками закреплена дефектоскопическая тележка, вокруг осей ее колесных пар расположены электромагниты, создающие мощный постоянный электромагнитный поток, который замыкается через колесные пары и участки рельсов между ними. Изменение магнитного поля над поверхностью рельса фиксируются индукционными датчиками (по одному на каждую нитку пути), если на головке рельса нет повреждений, то магнитное сопротивление сечения рельса не меняется, значит, не будет изменения магнитного поля над рельсом и датчик не зафиксирует отклонения от нулевого уровня. Но если в головке рельса есть дефект – магнитное сопротивление этого сечения увеличивается, а над местом дефекта происходит

искривление силовых линий магнитного поля. Эти изменения фиксируются индукционным датчиком.

Магнитный канал является всепогодным. Например, когда большая заснеженность путей (ультразвуковые лыжи все в снегу и во льду), очень сложно ввести ультразвук в рельс, а у магнитных каналов такой проблемы не возникает. У магнитного канала есть небольшой недостаток: он проявляется зимой. Магнитный канал стоит конструктивно сзади ультразвуковой лыжи, вода течет, холод – образуются наледи, капельки попадают на магнитную лыжу и постепенно магнит на лыже поднимается, поэтому ухудшается качество записи.

Характерная особенность магнитного канала (чем он отличается от других дефектоскопических средств) – высокая воспроизводимость сигнала. Она связана с тем, что сигнал магнитного канала мало зависит от внешних факторов и в значительной мере – от состояния исследуемого объекта, если сигнал изменяется, это означает что в рельсе развился дефект. Сравнение дефектограмм, полученное в разное время, является актуальной и интересной задачей, потому что на основании этого анализа можно сделать важные выводы о состоянии рельса. Если сигнал стабильный, значит, они могут поддаваться автоматической классификации распознавания. Сам процесс расшифровки автоматизируется и занимает меньшее количество времени. Можно облегчить расшифровку и повысить выявляемость в том числе опасных дефектов. Все вещи, связанные с автоматизацией расшифровки магнитного канала, реализованы в программном обеспечении, которое устанавливается на вагоны ОАО «Радиоавионика». Поэтому магнитный канал позволяет наиболее эффективно выявлять повреждения, в том числе в тяжелых климатических условиях.

12 вагонов дефектоскопов, которые работают на Российской железной дороге, оснащены системой намагничивания, и система намагничивания на всех этих вагонах идентичная. В результате любой вагон фиксирует от одного и того же дефекта одинаковую картину.

Каждый сварной стык имеет свой характерный отклик, потому что сварка выполняется при разных режимах, разной скорости состыковки, разных токах, разной шлифовке, разной индукционной закалке, поэтому каждый сварной стык имеет свой образ (рисунок 1).

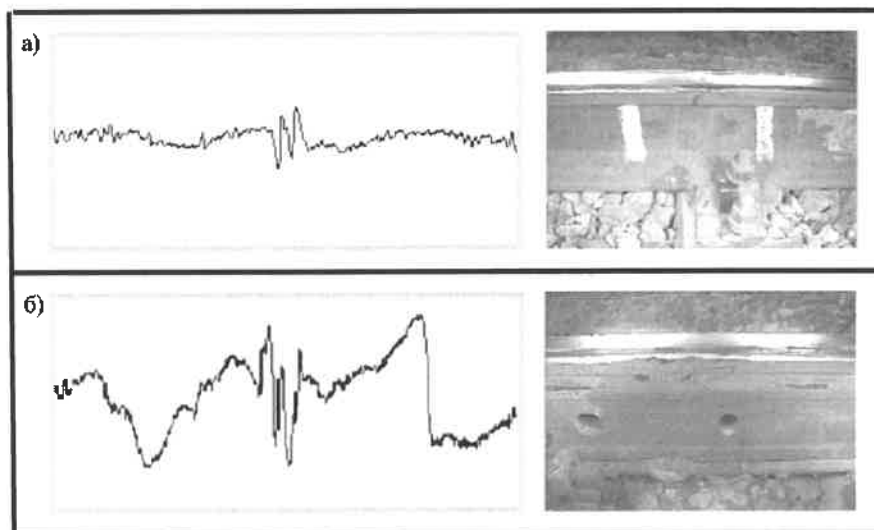


Рисунок 1 – Магнитограммы сварных стыков рельсов:
а – электроконтактного; б – алюминотермитного

Этот образ четко фиксируется с помощью магнитного вагона-дефектоскопа и не меняется годами. Изменение происходит только если в сварном стыке начинает появляться дефект – тогда меняется форма магнитного сигнала от сварки. Это позволяет на ранней стадии обнаружить развивающийся дефект в сварном шве и своевременно изъять его из пути.

В некоторых случаях опасные дефекты рельсов невозможно выявить ультразвуковым методом. На фрагментах дефектограмм (рисунок 2), полученных после прохода совмещенным вагоном-дефектоскопом различных участков пути, в ультразвуковых каналах сигналы от дефекта либо отсутствуют, либо представлены отдельными точками – практически неотличимыми от обычных шумов. Пропадание донного сигнала незначительно. Но магнитный канал в каждом из четырех случаев дает четко выраженный сигнал дефекта.

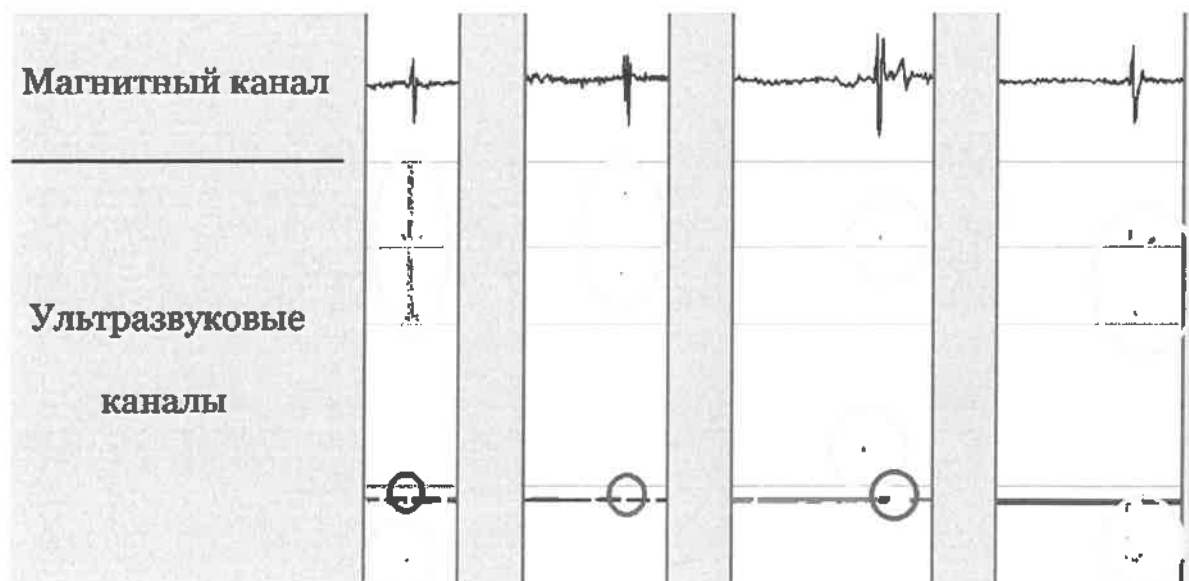


Рисунок 2 – Фрагменты дефектограмм

УДК 656.2.08

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В. В. МАРИНИЧ, Д. В. МАЛАШКОВ

Белорусский государственный университет транспорта г. Гомель

Наряду с бесспорными достоинствами автомобилизации появляется тенденция к увеличению человеческих и материальных потерь вследствие аварий, связанных с транспортными средствами. Автомобиль представляет собой потенциальный источник повышенной опасности для людей, которая резко возросла в последние годы в результате роста мощности двигателей и скорости движения. В связи с этим требования к конструктивной безопасности транспортных средств повышаются.

Безопасность транспортного средства подразумевает такие эксплуатационные и динамические качества, которые уменьшают вероятность дорожно-транспортного происшествия (ДТП), а в случае его возникновения – исключение травм водителя, пассажиров и снижение их последствий.

Конструктивная безопасность транспортного средства включает в себя активную, пассивную, послеаварийную и экологическую безопасность транспортного средства.

Активная безопасность – это свойство транспортного средства предотвращать дорожно-транспортное происшествие (снижать вероятность его возникновения). Активная безопасность проявляется в период, соответствующий начальной фазе дорожно-транспортного происшествия, когда водитель еще в состоянии изменить характер движения транспортного средства (ТС).

Активная безопасность транспортного средства зависит от его конструкции: габаритных и весовых параметров, тяговой и тормозной динамичности, устойчивости и управляемости.

Конструктивная безопасность является одним из обобщенных свойств ТС. Для количественной характеристики применяют показатели эксплуатационных (минимальный тормозной путь, максимальное замедление, критические скорости по условиям заноса и опрокидывания и т. п.) и других свойств.

Под пассивной безопасностью подразумевается комплекс эксплуатационных свойств транспортного средства, обеспечивающих снижение тяжести последствий ДТП. Пассивная безопасность вступает в действие, если водителю не удалось избежать аварии, и обеспечивает уменьшение инерционных нагрузок на водителя и пассажиров, ограничение перемещения их в кабине, защиту от травм, увечий при ударе, устранение возможности выбрасывания из кабины в момент столкновения.

Различают внутреннюю и внешнюю пассивную безопасность. Под внутренней пассивной безопасностью понимают свойства транспортного средства, снижающие тяжесть последствий ДТП для водителя и пассажиров, находящихся в транспортном средстве. Внешняя пассивная безопасность –

свойства транспортного средства, позволяющие снизить тяжесть последствий для других участников ДТП (пешеходов, водителей и пассажиров других транспортных средств).

Послеаварийная безопасность – это свойства транспортного средства снижать тяжесть последствий ДТП.

К элементам послеаварийной безопасности относятся конструктивные свойства автомобиля, предотвращающие возникновение опасных явлений (пожар, заклинивание дверей), возникающих в результате ДТП. К элементам послеаварийной безопасности можно также отнести средства аварийной сигнализации и связи, средства оказания медицинской помощи пострадавшим в результате ДТП.

Наибольшую опасность для водителя и пассажиров представляет возгорание транспортного средства. Хотя, по данным статистики, вероятность возгорания при ДТП составляет 0,3–1,2 %, оно приводит к тяжелейшим последствиям.

Взаимосвязь различных видов безопасности и противоречивость требований, предъявляемых к конструкции транспортных средств, вынуждают конструкторов и технологов принимать компромиссные решения.

Экологическая безопасность – это свойство автомобиля, позволяющее уменьшать вред, наносимый участникам движения и окружающей среде в процессе его нормальной эксплуатации. Мероприятиями по уменьшению вредного воздействия автомобилей на окружающую среду следует считать снижение токсичности отработавших газов и уровня шума.

Основными загрязняющими веществами при эксплуатации автотранспорта являются:

- выхлопные газы;
- нефтепродукты при их испарении;
- пыль;
- продукты истирания шин, тормозных колодок и дисков сцепления, асфальтовых и бетонных покрытий.

Ярким примером неблагоприятного влияния развития производства на окружающую среду может служить автомобилизация. Автомобили оказывают вредное воздействие на природу и человека, так как в отработанных продуктах содержатся опасные для здоровья и окружающей среды компоненты, при движении автомобилей возникает шум.

При дорожно-транспортных происшествиях наносится материальный ущерб (уничтожение и повреждение грузов, транспортных средств и сооружений) и возможны гибель и ранение людей. По данным Всемирной организации здравоохранения на автомобильных дорогах мира ежегодно гибнет (в том числе и от послеаварийных травм) свыше 900 тыс. человек, несколько миллионов становятся калеками, а свыше 10 млн человек получают травмы.

Источником загрязнения и истощения окружающей среды стала как сама трасса, так и её инженерные сооружения, объекты обслуживания, особенно места хранения нефтепродуктов, автозаправочные станции, станции технического обслуживания, мойки и т. п.

В отдельных городах и их агломерациях под воздействием автомобильного транспорта и других источников загрязнения образовались предельные экологические состояния, что препятствует устойчивому развитию и требует кардинальных решений по улучшению их коммуникационной инфраструктуры.

Основными мероприятиями по предотвращению и уменьшению вредного воздействия автомобилей на окружающую среду следует считать:

1) разработку таких конструкций автомобилей, которые меньше загрязняли бы атмосферный воздух токсичными компонентами отработавших газов и создавали бы шум более низкого уровня;

2) совершенствование методов ремонта, обслуживания и эксплуатации автомобилей с целью снижения концентрации токсичных компонентов в отработавших газах, уровня шума, производимого автомобилями, и загрязнения окружающей среды эксплуатационными материалами;

3) соблюдение при проектировании и строительстве автомобильных дорог, инженерных сооружений, объектов обслуживания таких требований, как вписывание объекта в ландшафт; рациональное сочетание элементов плана и продольного профиля, обеспечивающее постоянство скорости движения автомобиля; защита поверхностных и грунтовых вод от загрязнения; борьба с водной и ветровой эрозией; предотвращение оползней и обвалов; сохранение животного и растительного мира; сокращение площадей, отводимых под строительство; защита зданий и сооружений вблизи дороги от вибраций; борьба с транспортным шумом и загрязнением воздуха; применение методов и технологии строительства, приносящих наименьший ущерб окружающей среде;

4) использование средств и методов организации и регулирования движения, обеспечивающих оптимальные режимы движения и характеристики транспортных потоков, сокращение остановок у светофоров, числа переключения передач и времени работы двигателей на неустановившихся режимах.

Основными загрязняющими веществами при эксплуатации автотранспорта, строительстве дорог и дорожных сооружений являются:

- выхлопные газы;
- нефтепродукты при их испарении;
- пыль;
- продукты истирания шин, тормозных колодок и дисков сцепления, асфальтовых и бетонных покрытий.

УДК 625.7/.8

СТРОИТЕЛЬСТВО ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА ЕЕ КАЧЕСТВО

М. Д. МЕЛЬНИЧЕНКО

ОАО «Трест Белтрансстрой», г. Минск

И. М. ЦАРЕНКОВА, А. Е. ПОРТНОЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Автомобильные дороги являются важнейшим элементом инфраструктуры транспортного комплекса страны. Результаты многочисленных научных исследований и практический опыт их реализации свидетельствуют о том, что сеть автомобильных дорог Республики Беларусь уже сформирована и в дальнейшем требует больших объемов работ по ее содержанию и развитию. При этом организация работ по реконструкции, капитальному и текущему ремонту автомобильных дорог включает разработку мероприятий по рациональному выполнению дорожно-строительных процессов с учетом специфики объектов.

Осуществление технологических операций для выполнения дорожно-строительных работ на современных автомобильных дорогах требует наличия высокоэффективной техники и оборудования. Необходима техника, обладающая такими характеристиками, как высокая производительность, экономичность и способность работать в увязке с программными комплексами. По причине увеличения размеров транспортной системы и нагрузки на неё вопрос поддержания транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог на нормативном уровне с уменьшением экономических потерь для страны становится приоритетным. Необходимо обеспечить использование новых технологий производства строительных работ по устройству асфальтобетонных покрытий, которые позволят уменьшить затраты материальных, энергетических и трудовых ресурсов. Решение данной проблемы невозможно без высококачественного дорожного строительства в кратчайшие сроки.

Для получения качественного и долговечного дорожного покрытия следует учесть факторы, при которых образуется абсолютное большинство его дефектов. Наиболее важными из них являются соблюдение температурного режима смеси, требуемой плотности распределенного материала, толщины слоя, качественное основание.

Учитывая специфические свойства наиболее востребованного материала для устройства покрытия дорог, соблюдение температурного режима на всех стадиях технологических этапов, начиная с асфальтобетонного завода и заканчивая последним проходом уплотняющей техники, представляется одним из важнейших факторов достижения качественного верхнего слоя дорожной конструкции. Работы по укладке асфальтобетонной смеси организуются с учетом температурных особенностей окружающей среды и времени года.

При проведении работ соотносятся тип и температура асфальтобетонной смеси в приёмном бункере асфальтоукладчика. В случае использования горячих смесей типа А, Б, В, Г, Д, пористых, высокопористых с модифицирующими добавками, температура должна быть не ниже 150 °С в ас-

фальтоукладчике, если смесь поступает без каких-либо модификаторов, то температура должна быть выше 120 °С для конкретного вида смеси. При несоблюдении температурного режима качество готового покрытия будет низким [1].

Ещё одним фактором, влияющим на качество дорожного покрытия, является степень уплотнения материала. Недостаточное уплотнение материала является причиной появления на готовом покрытии различных дефектов. Длительное уплотнение материала также приводит к дефектам различного рода, поэтому следует придерживаться норм, указанных в стандартах.

Со временем большинство трещин и неровностей старого покрытия переносятся на новое, при этом существует зависимость, чем тоньше слой нового покрытия, тем быстрее будут проявляться дефекты старого покрытия. При устройстве нескольких тонких слоёв, дефекты будут проявляться в той же степени.

Для увеличения срока эксплуатации дорожных покрытий и недопущения образования дефектов, необходимо обратить внимание на состояние основания дороги, на которое будет производиться укладка покрытия. В некоторых странах применяют специальные промежуточные слои SAMI (Stress Absorbent Membrane Interlayer), которые позволяют предотвратить появление дефектов, поглощая возникающие напряжения.

Скоростная технология укладки асфальтобетонных покрытий отличается наличием специализированной техники. Различие с традиционной технологией заключается в использовании узкоспециализированных машин по транспортировке, а также по приёму смеси в бункер асфальтоукладчика. Главное достоинство этой технологии – непрерывность укладки асфальтобетонной смеси на всём протяжении строительного участка.

Несмотря на сходство с технологическим процессом укладки асфальтобетонных смесей, на каждом этапе, начиная с транспортировки асфальтобетонной смеси, вводятся узкоспециализированные машины, позволяющие производить высококачественную транспортировку и укладку асфальтобетонной смеси [2, 3].

Формируются следующие технологические звенья скоростной технологии строительства асфальтобетонных покрытий. Автосамосвал с донной разгрузкой перемещается впереди асфальтоукладчика и формирует валик смеси; перегружатель, состыкованный с асфальтоукладчиком, транспортирует смесь в бункер асфальтоукладчика [4]. Асфальтоукладчик распределяет смесь по ширине, заданной проектной документацией, создавая минимальное предварительное уплотнение. За асфальтоукладчиком двигается отряд уплотняющей техники, создающий необходимое уплотнение асфальтобетонной смеси [2, 3].

При распределении создаётся равномерный валик асфальтобетонной смеси, который обеспечит равномерную загрузку в перегружатель. Регулирование открытия заслонки в широких пределах обеспечит необходимую производительность перегружателя на участке строительства асфальтобетонного покрытия.

При традиционной укладке загрузка бункера асфальтоукладчика смесью непосредственно из кузова автосамосвала продолжительна по времени. При скоростной – нежелательны остановки и контакт самосвала с асфальтоукладчиком, что приводит к сдвигу уложенного слоя, образованию волн и другим дефектам асфальтобетонного покрытия.

Автосамосвалы с донной разгрузкой выкладывают валик асфальтобетонной смеси перед перегружателями, асфальтоукладчик работает непрерывно на большой скорости, не контактируя с ними, на всём протяжении строительного участка.

Использование в технологическом процессе дополнительного звена в виде перегружателя асфальтобетонной смеси, сглаживает неравномерность работы автосамосвалов и асфальтоукладчика. Перегружатель асфальтобетонной смеси осуществляет подбор смеси из валика, создавая возможность непрерывной разгрузки автосамосвалов независимо от скорости работы асфальтоукладчика. Укладка асфальтобетонных слоёв с использованием перегружателя позволяет достигнуть высокого качества дорожного покрытия и успешно реализуется в производственной деятельности ОАО «ДСТ № 2, г. Гомель».

Для укладки асфальтобетонных смесей при скоростной технологии используются колёсные асфальтоукладчики. Привод колёсных укладчиков осуществляется либо на два, либо на четыре ведущих колеса. Рабочие и транспортные скорости выше, чем на гусеничных аналогах. Чаще всего применяются на дорогах с твёрдыми поверхностями и большим числом изгибов и поворотов. Имеют преимущество при частой смене места работы.

Следующий за укладчиком отряд уплотняющей техники по составу аналогичен традиционной технологии укладки. Основное различие – в длине прохода и весовом расположении катков в цепочке уплотнения.

Список литературы

1 СТБ 1033–2016. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Минск : М-во archit. и стр-ва, 2016 – 8 с.

2 Ушков, А. В. Обоснование рациональных параметров автосамосвала с донной разгрузкой и перегружателя асфальтобетонной смеси : дис. канд. техн. наук: 05.05.04: утв. 16.03.2017 / А. В. Ушков. – М., 2017. – 181 с.

3 Совершенствование конструкции строительной машины, снижающей сегрегацию асфальтобетонной смеси / С. В. Савельев [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 2(48). – 31 с.

УДК 625.143.482

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЗВЕНЬЕВОГО ПУТИ

О. В. МЕНЬШИКОВ, Д. М. УГРИН

Белорусская железная дорога, г. Минск

В. А. ЦАРИКОВ

Белорусская железная дорога, г. Могилёв

В. И. МАТВЕЦОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Еще в первые годы существования железных дорог было установлено то, что стык является самым напряженным местом железнодорожного пути. Наличие болтовых стыков обуславливает повышенную интенсивность остаточных деформаций в пути, ускоряет износ элементов верхнего строения в зоне стыка, вызывает дополнительное динамическое воздействие на путь. Ударное воздействие колес подвижного состава, воспринимаемое концами рельсов, достигает 50–60 т и увеличивает основное удельное сопротивление движению поезда на 15–20 %. Неизбежные удары в болтовых стыках разрушительно действуют не только на путь, но и на подвижной состав. Вполне справедливо считают, что срок службы подвижного состава зависит не от пройденного расстояния, а от числа пересеченных стыков. На отечественных дорогах стандартная длина рельсов с начала их постройки увеличилась более чем в 20 раз. Так, если первые рельсы Фролова были длиной всего 1 м, то на дороге Москва-Петербург, построенной в 1851 году, укладывались рельсы длиной 5,486 м. В конце семидесятых начали входить в употребление рельсы длиной 7,315 м, а в начале восьмидесятых годов – 8,534 м. В 1882 году начали прокатывать рельсы длиной 10,668 м, а в 1909 году Министерство путей сообщения разрешило укладку рельсов 12,8 и 14,94 м.

Дальнейшему увеличению длины рельсов мешала слабость конструкции верхнего строения пути и широко распространенное в то время представление о возможности свободного удлинения рельсов при изменении температуры. В конце 20-х – начале 30-х годов XX века, когда выяснилась роль погонного сопротивления, была произведена опытная укладка сварных 25-метровых рельсов в суровых условиях Омской и Томской железной дороги. Отечественная война помешала широкому внедрению 25-метровых рельсов на наших дорогах, отодвинув выполнение этой задачи минимум на 15 лет. В начале 50-х годов XX века начинается усиленная пропаганда укладки в пути 25-метровых рельсов, от внедрения которых на каждом километре можно было за счет скрепления сэкономить 3,5–4 т металла. Ввиду сокращения числа стыков ожидалось вдвое и сокращение трудовых затрат на содержание стыков. Основное удельное сопротивление движению поезда при этом уменьшается на 3–4 %, сокращается износ ходовых частей подвижного состава и значительно уменьшается выход рельсов по стыковым дефектам. Кроме этого, увеличение стандартной длины рельсов до 25 м не вызывает изменение четкой отработанной у нас технологии работ по замене рельсошпальной решетки путеукладочными кранами при производстве капитального ремонта пути.

Согласно ГОСТу с 1954 года на заводе «Азовсталь», а с 1960 года – на Нижнетагильском комбинате начали прокатывать 25-метровые рельсы. В настоящее время в путь повсеместно укладываются только 25-метровые рельсы. В результате расчетов, проведенных МИИТом после внедрения 25-метровых рельсов, оказалось, что еще большая экономия ожидается от внедрения сварных рельсов длиной до 100 метров, которые по распоряжению Главного управления пути МПС с 1961 года начали укладывать на станционных путях.

Правильному расчету, проектированию и содержанию сварных рельсов в значительной мере препятствовало отсутствие технически обоснованных рекомендаций по рациональной длине сварных рельсов и «ТУ на укладку и содержание длинных рельсов на станционных путях». При укладке 100-метровых сварных рельсов ожидалось уменьшение в 4 раза основного сопротивления движению поездов, сокращение затрат на текущее содержание пути на 25 %, увеличение устойчивости пути и плавности хода. Анализ положения с внедрением сварных рельсов показывает, что как в конструкции пути с длинномерными рельсами, так и в методике его укладки и содержания имеются существенные недоработки. Это сказалось при их эксплуатации. Оказалось, что очень трудно, а порою просто невозможно, обеспечить их нормальную работу, даже несмотря на то, что между сварными укладывали 12,5-метровые рельсы. В распоряжении ЦЛ МПС рекомендовалось, не допускать раскрытия стыковых зазоров более конструктивного значения, а закрепление пути производить на основании эксплуатационного опыта.

Проведенными исследованиями было установлено, что без принятия специальных мер сварные рельсы длиной более 25 метров нельзя нормально эксплуатировать. Это положение повсеместно подтверждалось опытом эксплуатации сварных рельсов. Поэтому ЦЛ МПС вынуждено было запретить укладку сварных рельсов длиной более 25 метров. Однако на станционных путях лежит большое количество сварных рельсов длиной до 100 метров, с особенностями температурной работы которых необходимо познакомить линейных работников.

Было доказано, что 100-метровые рельсы работают в режиме бесстыкового пути, а рельсы длиной 14,94 м работают в режиме длинных рельсов и в режиме бесстыкового пути в зависимости от условий укладки. Рельсы длиной 37,5 м работают в режиме длинных рельсов.

Сварные рельсы спаиваются, получаем бесстыковой путь длиной на весь станционный путь. Такая конструкция оказалась вполне работоспособной.

УДК 531.43

ФРИКЦИОННЫЕ КОМПОЗИТЫ ДЛЯ УЗЛОВ СТАЦИОНАРНОГО ТРЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В. К. МЕРИНОВ

*Институт механики металлополимерных систем
им. В. А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель*

Введение. Узлы трения являются важным конструкционным элементом, обеспечивающим безопасную эксплуатацию железнодорожного транспорта и его технических устройств. Особенно велика роль в обеспечении безопасности фрикционных узлов трения – тормозов, трансмиссий, демпферных устройств. Фрикционные элементы работают в условиях трения без смазочного материала и подвергаются воздействию значительных статических и динамических нагрузок и скоростей. Для изготовления тормозных элементов разработаны полимерные композиционные материалы. Улучшение основных эксплуатационных свойств композиционных материалов достигается путем введения наполнителей различной природы и размерности. В связи с этим поиск новых подходов и способов изменения структуры и свойств композиционных материалов является актуальной, практически важной задачей материаловедения. Перспективными наполнителями для полимерных композитов различного функционального назначения в настоящее время рассматриваются различные микросферы.

Цель работы – исследование влияния алюмосиликатных и натриево-боросиликатных микросфер на триботехнические характеристики полимерных композитов, предназначенных для работы во фрикционных узлах трения железнодорожного транспорта.

Материалы и методы исследования. В работе изучали модельные композиты, являющиеся базовыми для работы в приводных устройствах стрелочных переводов, гасителях поперечных колебаний тепловозов, фрикционных втулках и т. д. В качестве матрицы фрикционных композитов использовали термостойкий полимер. В качестве наполнителей использовали минеральные волокна и дисперсные частицы диаметром 3–5 мкм, микросферы 3М™ Glass Bubbles серии HGS и алюмосиликатные микросферы (ТУ 5717-001-11843486–2004). Образцы для проведения фрикционно-

износных испытаний изготавливали методом прямого прессования при удельной нагрузке 100 МПа с последующей термической и механической обработкой. Фрикционно-износные испытания проводили на машине трения СМЦ-2 по схеме «вал – частичный вкладыш» при удельных нагрузках $P = 2$ и 4 МПа и скорости скольжения 1 м/с.

Результаты исследования и обсуждение. На рисунках 1-4 композит, наполненный специально подготовленным минеральным волокном, обозначен цифрой 1; алюмосиликатными микросферами с размером частиц ≤ 140 мкм – цифрой 2; алюмосиликатными микросферами с размером частиц ≥ 140 мкм – цифрой 3; микросферами 3M™ Glass Bubbles серии HGS – цифрой 4. Экспериментальные данные свидетельствуют, что использование микросфер при нагрузке $P = 2$ МПа приводит к снижению коэффициента трения в сравнении с композитом, наполненным минеральным волокном, наибольший коэффициент трения среди композитов, наполненных микросферами, показал композит, содержащий алюмосиликатные микросферы с размером частиц ≥ 140 мкм (рисунок 1). При нагрузке $P = 4$ МПа коэффициент трения композитов, наполненных микросферами, выше, чем у композита, наполненного минеральным волокном. Минимальным коэффициентом трения, среди композитов, наполненных микросферами, обладает композит, содержащий микросферы 3M™ Glass Bubbles серии HGS (рисунок 2).

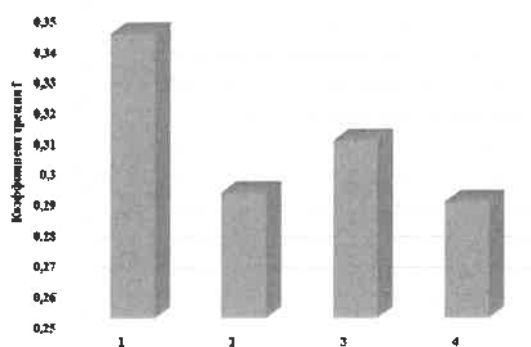


Рисунок 1 – Коэффициент трения f для фрикционных композитов различного состава при $P = 2$ МПа

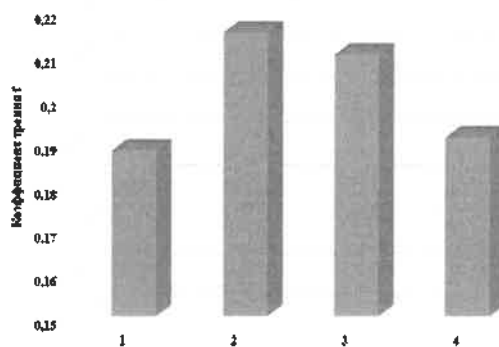


Рисунок 2 – Коэффициент трения f для фрикционных композитов различного состава при $P = 4$ МПа

На рисунках 3, 4 приведены зависимости линейной интенсивности изнашивания при $P = 2$ и 4 МПа. Как свидетельствуют представленные данные, использование микросфер приводит к уменьшению износостойкости композитов, при нагрузке $P = 2$ МПа наибольшей интенсивностью изнашивания обладает композит, наполненный микросферами 3M™ Glass Bubbles серии HGS, при нагрузке $P = 4$ МПа – композит, наполненный алюмосиликатными микросферами с размером частиц ≤ 140 мкм.

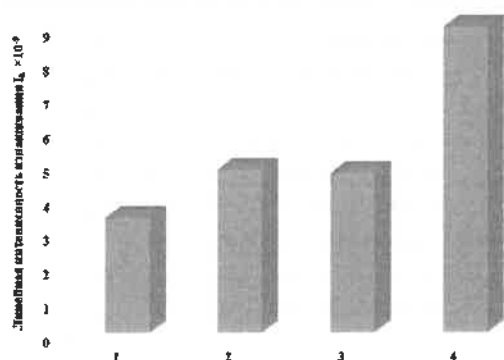


Рисунок 3 – Линейная интенсивность изнашивания I_n для фрикционных композитов различного состава при $P = 2$ МПа

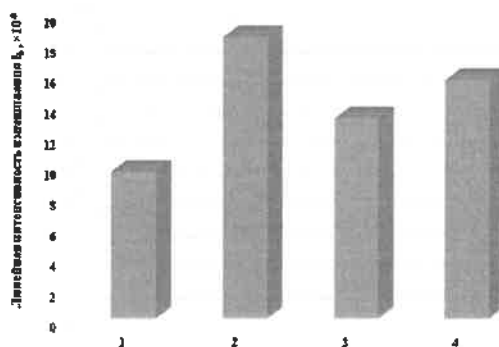


Рисунок 4 – Линейная интенсивность изнашивания I_n для фрикционных композитов различного состава при $P = 4$ МПа

Заключение. Согласно результатам фрикционно-износных испытаний при нагрузке $P = 2$ МПа наибольший коэффициент трения среди композитов, наполненных микросферами, показал композит, содержащий алюмосиликатные микросферы с размером частиц ≥ 140 мкм; наибольшей интенсивностью изнашивания обладает композит, наполненный микросферами 3M™ Glass

Bubbles серии HGS. При нагрузке $P = 4$ МПа минимальным коэффициентом трения, среди композитов, наполненных микросферами, обладает композит, содержащий микросферы 3М™ Glass Bubbles серии HGS, наибольшей интенсивностью изнашивания – композит, наполненный алюмосиликатными микросферами с размером частиц ≤ 140 мкм. Полученные данные подтверждают важность и перспективность использования микросфер в составах фрикционных композитов, работающих в определенном диапазоне нагрузок и скоростей.

УДК 656.09

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ ЧЕРЕЗ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПЕШЕХОДНЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Н. Е. МИРОШНИКОВ

Белорусская железная дорога, г. Минск

Л. В. ДОВНОРОВИЧ, В. Е. МИРОШНИКОВ, Т. А. ДУБРОВСКАЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

К основным показателям, характеризующим движение пешеходов через железнодорожные пешеходные переходы, относятся:

- скорость пешеходного потока;
- плотность пешеходного потока;
- интенсивность движения.

Скорость пешеходного потока находится в прямой зависимости от скорости движения каждого отдельного пешехода в потоке и определяет пропускную способность пешеходного перехода. Под пропускной способностью пешеходного перехода следует понимать максимальное число людей, которые могут пройти через его поперечное сечение за расчетный период времени при обеспечении удобств и безопасности пешеходного движения.

Скорость движения пешеходов зависит от условий движения: поры года, времени суток, погодных условий, состояния пешеходного настила, одиночного или группового движения и т. п.

Плотность пешеходного потока определяется численностью пешеходов, приходящихся на единицу площади перехода. Плотность зависит от скорости и габаритных размеров пешеходов (наличия багажа и ручной клади, детских колясок, велосипедов и т. п.).

Интенсивность движения является одним из основных показателей пешеходного потока. Она определяется численностью пешеходов, проходящих через поперечное сечение железнодорожного пешеходного перехода в единицу времени и колеблется в зависимости от места расположения перехода, наличия в зоне его тяготения транспортных и пересадочных узлов, промышленных предприятий, социально-бытовых, торговых и развлекательных объектов и т. п.

Интенсивность пешеходного движения может быть:

- а) расчетная;
- б) существующая;
- в) прогнозируемая.

Расчетная интенсивность пешеходного движения – интенсивность движения пешеходов с учетом коэффициентов неравномерности пешеходного движения.

Расчетная интенсивность движения пешеходов является определяющим фактором для расчета ширины пешеходного настила, а также при присвоении категории существующим или проектируемым пешеходным переходам и целесообразности строительства новых пешеходных переходов.

Расчетная интенсивность движения $N_{\text{расч.пеш}}$, чел./ч, определяется по формуле

$$N_{\text{расч.пеш}} = NK_1K_2K_3, \quad (1)$$

где N – существующая или прогнозируемая (для проектируемого пешеходного перехода) интенсивность движения в час пик, чел./ч; K_1 – коэффициент сезонной неравномерности, принимаемый от 1,1 до 1,3 в зависимости от сезона наблюдения; K_2 – коэффициент, учитывающий прирост населения и увеличение его подвижности (обычно в пределах 1,2–1,4). В каждом конкретном случае

K_2 следует определять по данным генплана города, в составе которого имеются сведения о плотности населения и его подвижности; K_3 – коэффициент суточной неравномерности, учитывающий изменение суточных потоков пассажиров по двум наиболее загруженным дням недели, принимается не более 1,20.

Существующая интенсивность пешеходного движения – фактически наблюдаемая интенсивность движения в час пик по эксплуатируемому пешеходному переходу

$$N = \frac{P}{t}, \quad (2)$$

где P – количество людей, прошедших через поперечное сечение пешеходного перехода за время наблюдения, чел.; t – продолжительность наблюдения, ч.

Объективность определения существующей интенсивности движения пешеходов через железнодорожный пешеходный переход зависит от обоснованности методики, тщательности исследования и обработки полученных результатов.

Существующую интенсивность движения следует определять в час пик. Время часа пик определяется в зависимости от расположения пешеходного перехода, времени работы и функционального назначения производственных и социально-бытовых объектов, находящихся в зоне его тяготения.

Для определения существующей интенсивности движения пешеходов производится обследование действующих пешеходных переходов. Оно предусматривает натурное определение числа пешеходов, проходящих через переход за единицу времени в час пик.

До начала обследования необходимо осуществить ряд организационных мероприятий: комплектование групп участников обследования, обеспечение их необходимыми материалами и инструкциями и т. д.

На каждом пункте обследования должны создаваться посты для обследования количества прошедших пешеходов. Посты должны располагаться в местах, обеспечивающих беспрепятственную видимость пешеходного перехода в течение всего времени наблюдения и не мешать пешеходному движению.

Учет движения проводится визуальным способом лицами, специально назначенными из числа штатных работников дистанции пути либо с помощью видеосъемки.

Для организации и обеспечения руководства учетом движения пешеходов назначаются лица инженерно-технического состава дистанции пути. Они составляют группу учета движения пешеходов.

Группа учета движения выполняет следующие основные обязанности:

- а) организует учет движения пешеходов на обследуемых пешеходных переходах;
- б) обучает личный состав, занятый учетом движения, правилами ведения учета пешеходов и эксплуатации технических средств учета;
- в) организует монтаж, эксплуатацию, профилактику и ремонт технических средств учета движения;
- г) обрабатывает и анализирует данные учета движения пешеходов;
- д) обеспечивает учетчиков необходимыми принадлежностями и бланками учета.

Учетчик обязан проводить учет в строго установленное время. Время и продолжительность наблюдения для каждого пешеходного перехода устанавливается индивидуально.

Учет пешеходов, переходящих пути по одному и тому же переходу в противоположных направлениях, должен производиться разными учетчиками одновременно. Учетчик должен фиксировать пешеходов только одного направления движения.

Продолжительность работы учетчика на посту в целях исключения ошибок не должна превышать двух-трех часов.

Отчетные документы по интенсивности пешеходного движения составляют лица, ответственные за организацию и ведение учета движения пешеходов. Они несут персональную ответственность за достоверность и своевременность поступления и оформления всех учетных и отчетных данных, а также за проведение учета.

Прогнозируемая интенсивность пешеходного движения – ожидаемая интенсивность движения пешеходов в час пик на проектируемом пешеходном переходе.

Для проектируемых пешеходных переходов расчет прогнозируемой интенсивности движения пешеходов определяется теоретическим методом на основе анализа и обобщения статистических данных исходя из численности работающего и проживающего населения с учетом наличия крупных торговых, развлекательных и спортивных объектов в зоне тяготения данного перехода.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЛИКВИДАЦИИ КОЛЕЙНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Е. А. ПАНТЕЛЕЕВА, К. С. РАЗВODOV
ПКП «Гомельдорпроект», г. Гомель

Ровность покрытия автомобильной дороги – один из основных факторов безопасности движения. Но в процессе эксплуатации неизбежно появляется колея, препятствующая безопасному движению.

Проблема образования колеи и её ликвидация уже длительное время считается одной из важнейших для дорожников многих стран мира. Анализ данных показывает, что образование колеи недопустимой глубины составляет от 20 до 35 % всех причин снижения транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог. В ряде стран установлены нормативные пределы допустимой глубины колеи, а также допустимой толщины воды в колее. При высоких скоростях движения и быстром выходе из колеи риск возникновения ДТП превышает нормативное значение при глубине колеи порядка 15–17 мм, что соответствует прогнозируемой колеи для применяемых конструкций уже на 3–5-й год эксплуатации. Проектирование дорожных конструкций, устойчивых к колееобразованию, позволит существенно повысить потребительские свойства автомобильных дорог [1].

Асфальтобетон по своей сути является упруго-вязким пластичным материалом, который имеет все основные проявления, свойственные этой категории материала: усталость восприятия нагрузки; перераспределение основного каркасного материала – щебня, который находится в составе асфальтобетона, поскольку основным элементом асфальтобетона является дисперсная структура асфальтовяжущая, придающая ему свойства упруго-вязкопластического тела. Это не упругое тело, он будет накапливать остаточные деформации по мере нагрузки. Упруго-пластические свойства и свойства накопления остаточной деформации асфальтобетона находятся в некоторой зависимости от температуры. Асфальтобетон при циклическом воздействии нагрузки, являясь упруго-вязкопластичным телом, не может восстанавливаться до тех же параметров, он восстановится, но чуть меньше. Эта разница и называется остаточной деформацией.

Главная причина колеи объясняется процессами накопления остаточных деформаций в каждом слое дорожной одежды и в верхнем дорожном слое полотна. Это так называемая «пластическая деформация». Второй и основной причиной является износ верхнего слоя покрытия в результате совместного воздействия износа и преждевременного ненормированного разрушения слоя асфальтобетона под влиянием внешних факторов, к которым относятся наряду с воздействием колес осадки, перепады температур и солнечная радиация. Эта колея разрушения и износа образуется только в верхнем, замыкающем, слое дорожной одежды. Второй вид колеи образуется при преждевременном разрушении и износе слоя дорожной одежды, то есть верхнего слоя. В реальных условиях эксплуатации автомобильной дороги оба эти фактора действуют еще и совместно и в существенной степени влияют на безопасность движения. Их необходимо разделять для того, чтобы не только понимать причины образования колеи, но и чтобы знать, как с этой колеей бороться.

Метод борьбы с образованием колеи выбирают в каждом конкретном случае на основе анализа результатов обследования общего состояния дороги, выявления причин образования колеи, их глубины, геометрических параметров, протяженности, интенсивности и состава движения. Методы борьбы с образованием колеи можно разделить на четыре основные группы:

- 1) организационно-технические мероприятия по снижению темпов образования колеи;
- 2) методы ликвидации колеи без устранения или с частичным устранением причин образования колеи;
- 3) методы ликвидации колеи с устранением причин их образования;
- 4) методы предупреждения образования колеи.

В 3/4 случаев образование колеи связано с попаданием внутрь материала покрытия воды и вызванными ей разрушениями, поэтому необходимо защищать покрытие дороги. Это можно делать с помощью различных пропиток и эмульсий или с помощью заливки слоя износа. Пропитки проникают вглубь материала покрытия, заполняют поры и обеспечивают хорошую адгезию эмульсии к покрытию. Такая обработка дает полную защиту от проникновения дождевой воды в поры покры-

тия и в десятки раз снижает пыльность. Единственный минус данного метода – раз в полтора-два года необходимо обрабатывать поверхность эмульсией, для возобновления защитного слоя. Слой износа представляет собой слой литого асфальтобетона толщиной 0,5–2 см с втопленным в него черным щебнем для увеличения сцепления с колесами автомобилей. Слой износа обеспечивает полную защиту от воды и полностью устраняет пыльность покрытия. Служит слой износа не менее пяти лет, и для ремонта изношенных участков достаточно двух рабочих и одной машины-ремонтнера [1].

Организационно-технические мероприятия по снижению темпов образования колеи включают в себя: регулирование режима движения тяжелого грузового автомобильного транспорта, контроль за соблюдением требованием по величине фактической нагрузки на ось автомобиля, организацию равномерного распределения движения по всей ширине проезжей части, устранение мест снижения скоростного режима. Организационно-технические мероприятия целесообразно применять совместно с методами ликвидации колеи без устранения или с частичным устранением причин их образования.

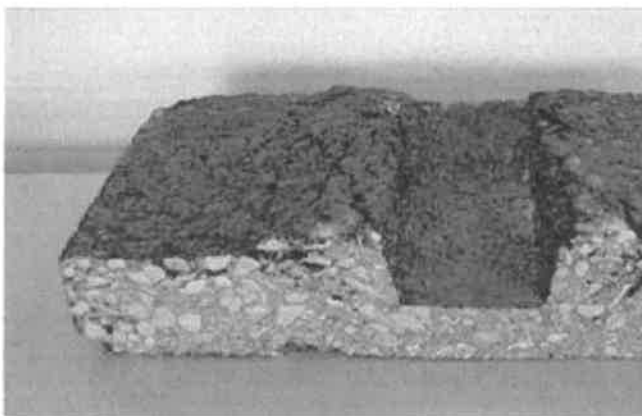
Методы ликвидации колеи без устранения или с частичным устранением причин их образования включают в себя: выравнивание поперечного профиля заполнением колеи ремонтным материалом или срезанием гребней выпора по обеим сторонам колеи с заполнением оставшейся части колеи ремонтным материалом или без заполнения.

Методы ликвидации колеи с устранением причин их образования включают в себя: стабилизацию или удаление и замену нестабильного слоя без усиления или с усилением дорожной одежды, повышение жесткости нижележащих слоев покрытия, стабилизацию или замену грунтов активной зоны земляного полотна, осушение и обеспечение отвода поверхностных и грунтовых вод.

Методы предупреждения образования колеи включают в себя: расчет и конструирование дорожной одежды и земляного полотна с учетом накопления остаточной деформации в допустимых пределах, устройство верхних слоев покрытия – из материалов с высокой сдвигоустойчивостью и сопротивлением износу, а слоев основания – из материалов с высоким сопротивлением структурным разрушениям и образованию остаточных деформаций, использование армированных слоев в покрытиях.

Добавка PR Plast S предназначена для улучшения физико-механических свойств асфальтобетонных смесей: предел прочности при сжатии; сдвигоустойчивость. Добавка PR Plast S представляет собой гранулированный материал округлой формы размером 3 мм. Добавка PR Plast S вводится в минеральную часть во время производства асфальтобетонной смеси в размере не менее 0,3 % от массы минеральной части асфальтобетонной смеси в соответствии с технологическим регламентом, утвержденным в установленном порядке. Добавка вводится непосредственно в смесительный барабан. Проводится короткое «сухое» смешивание (около 5 секунд), затем «мокрое» смешивание с добавлением битума. Температура изготовления должна быть в диапазоне 170–180 °С. Кладка должна осуществляться при температуре в 100–110 °С. Использование добавки приводит к повышению уровня эластичности на 25 %, повышению сопротивления к образованию колеи, в том числе при высоких температурах.

а)



б)

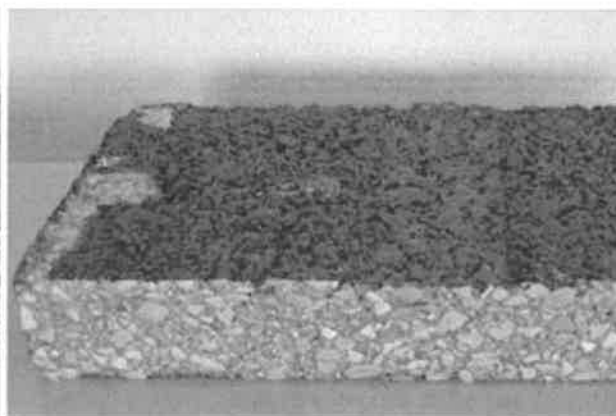


Рисунок 1 – Анализ применения добавки PR Plast S:
а – без добавки; б – с добавкой

Список литературы

- 1 Конорева, О. В. Анализ современных методов повышения устойчивости асфальтобетонных покрытий к колееобразованию / О. В. Конорева, Ю. А. Муравьев // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 4.
- 2 Ремонт колеейности на автомобильных дорогах // Road Masters.ru: Интернет-журнал о строительстве дорог [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://roadmasters.ru/remont-dorogi/tekushchij/metody-remonta-kolejnosti.html>. – Дата доступа : 10.09.19.

УДК 656.022.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАДИУСОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КРИВЫХ ПРИ ВВЕДЕНИИ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ

А. М. ПАТЛАСОВ

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. акад. В. Лазаряна, Украина

И. Н. КРАВЧЕНЯ, Т. А. ДУБРОВСКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Количественным показателем технической эффективности увеличения скорости на участке является сокращение времени хода ΔT , количественным показателем экономической эффективности – величина капиталовложений K на совершенствование постоянных устройств.

Увеличение радиусов кривых приводит к повышению скорости движения поездов и, как следствие, к сокращению времени хода ΔT . Однако чем больше величина радиуса кривой, тем большие капиталовложения K требуются для реконструкции линии. В реальных условиях капиталовложения, отпускаемые на реконструкцию, ограничены $K \leq K_0$. Ограничение может быть наложено и на сокращение времени хода $\Delta T \geq \Delta T_0$.

Рассмотрим пару взаимно двойственных задач оптимальной реконструкции криволинейных участков пути железных дорог с целью повышения скоростей движения поездов с минимальными денежными затратами.

Задача 1. Определение оптимальных радиусов при максимальном сокращении времени хода.

Пусть имеется участок железной дороги, на котором располагается m независимых (однорядусных и составных) кривых. На каждой i -й ($i = \overline{1, m}$) кривой известны: длина криволинейного участка l_i ; ограничение скорости в пределах этого участка v_i ; угол поворота α_i ; капиталовложения K_i , необходимые для реконструкции единицы длины кривой; параметр a , зависящий от величины возвышения наружного рельса и допускаемой величины непогашенного ускорения.

Ставится задача отыскания таких величин проектных радиусов R_i , ограничивающих скорость кривых, при которых капиталовложения K будут равны заданным K_0 , а сокращение времени хода ΔT будет максимальным:

$$\Delta T = \sum_{i=1}^m l_i \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a\sqrt{R_i}} \right) \rightarrow \max; \quad (1)$$

при

$$\sum_{i=1}^m K_i \alpha_i R_i^2 = K_0. \quad (2)$$

Для решения поставленной задачи будем использовать метод неопределенных множителей Лагранжа. Составим функцию Лагранжа:

$$L(R_i, \lambda) = \sum_{i=1}^m l_i \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a\sqrt{R_i}} \right) + \lambda \left(K_0 - \sum_{i=1}^m K_i \alpha_i R_i^2 \right), \quad (3)$$

где λ – множитель Лагранжа, который показывает, насколько изменится максимальное сокращение времени хода ΔT в оптимальном решении при увеличении величины капиталовложений K_0 на единицу.

Найдем частные производные функции Лагранжа по неизвестным величинам R_i ($i = \overline{1, m}$) и λ и приравняем их нулю. В результате получим систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial L(R_i, \lambda)}{\partial R_i} = \frac{l_i}{2aR_i^{3/2}} - 2\lambda K_i \alpha_i R_i = 0, \\ \frac{\partial L(R_i, \lambda)}{\partial \lambda} = K_0 - \sum_{i=1}^m K_i \alpha_i R_i^2 = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Решив полученную систему уравнений (4) относительно неизвестных R_i и λ , для заданной величины капиталовложений K_0 найдём оптимальные величины проектных радиусов R_i (5) и максимальное сокращение времени хода ΔT (6):

$$R_i = \left(\frac{l_i}{K_i \alpha_i} \right)^{2/5} \frac{K_0^{v_i}}{\left(\sum_{i=1}^m l_i^{4/5} (K_i \alpha_i)^{v_i} \right)^{2/5}}; \quad (5)$$

$$\Delta T = \sum_{i=1}^m l_i \left[\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a} \left(\frac{K_i \alpha_i}{l_i} \right)^{1/5} \frac{\left(\sum_{i=1}^m l_i^{4/5} (K_i \alpha_i)^{v_i} \right)^{1/5}}{K_0^{1/4}} \right]. \quad (6)$$

Задача 2. Определение оптимальных радиусов при минимальных капиталовложениях.

Возможна следующая постановка двойственной задачи оптимальной реконструкции железнодорожных кривых.

Необходимо найти такие величины радиусов R_i ($i = \overline{1, m}$), ограничивающих скорость кривых, при которых сокращение времени хода ΔT будет равно заданному ΔT_0 , а капиталовложения K будут минимальными

$$K = \sum_{i=1}^m K_i \alpha_i R_i^2 \rightarrow \min; \quad (7)$$

при

$$\sum_{i=1}^m l_i \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a\sqrt{R_i}} \right) = \Delta T_0. \quad (8)$$

Составим функцию Лагранжа:

$$L(R_i, \lambda) = \sum_{i=1}^m K_i \alpha_i R_i^2 + \lambda \left(\Delta T_0 - \sum_{i=1}^m l_i \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a\sqrt{R_i}} \right) \right), \quad (9)$$

где λ – множитель Лагранжа, который показывает, на сколько уменьшится величина капиталовложений K в оптимальном решении при изменении сокращения времени хода ΔT_0 на единицу.

Получим систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial L(R_i, \lambda)}{\partial R_i} = 2K_i \alpha_i R_i - \lambda \frac{l_i}{2aR_i^{3/2}} = 0, \\ \frac{\partial L(R_i, \lambda)}{\partial \lambda} = \Delta T_0 - \sum_{i=1}^m l_i \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a\sqrt{R_i}} \right) = 0. \end{cases} \quad (10)$$

В результате решения системы (10) для заданного сокращения времени хода ΔT_0 будут получены оптимальные величины проектных радиусов R_i по (11) и величина минимальных капиталовложений K по (12).

$$R_i = \left(\frac{l_i}{K_i \alpha_i} \right)^{2/5} \frac{\left(\sum_{i=1}^m l_i^{4/5} (K_i \alpha_i)^{v_i} \right)^{2/5}}{\left[a \left(\sum_{i=1}^m \frac{l_i}{v_i} - \Delta T_0 \right) \right]^2}; \quad (11)$$

$$K = \sum_{i=1}^m K_i \alpha_i \left(\frac{l_i}{K_i \alpha_i} \right)^{4/5} \left[\frac{\sum_{i=1}^m l_i^{4/5} (K_i \alpha_i)^{1/5}}{a \left(\sum_{i=1}^m \frac{l_i}{V_i} - \Delta T_0 \right)^{2/5}} \right]^4 \quad (12)$$

Далее можно производить численные вычисления.

УДК 625.7/8

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОФОБНОГО СОСТАВА ДЛЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В. В. ПЕТРУСЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для обеспечения максимального срока службы асфальтобетонных покрытий в климатических условиях Республики Беларусь при подборе рецептов асфальтобетона необходимо учитывать два основных фактора. Во-первых, при эксплуатации в летний период материал подвергается нагреву свыше 50 °С, что приводит к его пластической деформации. В результате этого наблюдается потеря прочностных свойств покрытия и образование на нем колеи. Во-вторых, при эксплуатации в зимний период, характеризующийся воздействием на покрытие чередующихся циклов замораживания – оттаивания происходит гидратация битумного вяжущего, трещинообразование и разрушение асфальтобетона [1–4].

В данной методике по определению коэффициента эффективности гидрофобного состава для профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог использовали следующие приборы и оборудование:

– весы лабораторные с приспособлением для гидростатического взвешивания с точностью взвешивания до 0,01 г по ГОСТ Р 53228–2008;

– установка вакуумная;

– битум нефтяной марки БНД 40/60 или БНД 60/90 по ГОСТ 22245–90 или парафин;

– сосуд вместимостью не менее 3,0 л.

Подготовка к испытанию:

– определяют массу образцов асфальтобетона, предназначенных для испытания (M_0);

– образцы обвязывают ниткой и поочередно погружают на 5–10 сек в разогретый до температуры ~120 °С битум или в парафин, разогретый до температуры ~60 °С так, чтобы не покрытой осталась только верхняя грань образца. Достают образцы, дают возможность излишкам битума стечь, выдерживают на воздухе при температуре от 18 до 20 °С не менее двух часов;

– определяют массу образцов асфальтобетона, обработанных битумом (парафином);

– часть образцов остается в качестве контрольных, часть, со стороны, не покрытой битумом, обрабатывается пропиточным материалом в соответствии с установленной нормой расхода;

– пропиточному материалу позволяют высохнуть в естественных условиях;

– для всех образцов проводят испытание по определению плотности и водонасыщения в соответствии с ГОСТ 12801–98;

– производят расчет полученных значений, исключая массу (определенную по формуле (1)) и объем (определенный по формуле (2)) битума (парафина). Окончательная формула для расчета плотности – (3); для расчета водонасыщения – (4).

$$M_6 = M_{06} - M_0, \quad (1)$$

где M_6 – масса битума (парафина), нанесенного на образец, г; M_{06} – масса образца, обработанного битумом (парафином), г; M_0 – масса образца, не обработанного битумом (парафином), г.

$$V_6 = M_6 / P_6, \quad (2)$$

где V_6 – объём битума (парафина), нанесенного на образец, г; P_6 – плотность битума (парафина), г/см³.

$$\rho_m = (g - M_6) \rho_s / g_2 - g_1 - V_6, \quad (3)$$

где ρ_m – плотность образца, г/см³; g – масса образца, взвешенного на воздухе, г; ρ_s – плотность воды, г/см³; g_1 – масса образца, взвешенного в воде, г; g_2 – масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и вторично взвешенного на воздухе, г.

$$W = g_2 - g / g_2 - g_1 - V_6, \quad (4)$$

где W – водонасыщение образца, %; g_5 – масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, г.

Далее определим коэффициент эффективности гидрофобного профилактического состава

$$K_{>ф} = W_1 / W_2, \quad (5)$$

где W_1, W_2 – водонасыщение образцов, соответственно не обработанных и обработанных гидрофобным профилактическим составом, %;

В данном докладе рассмотрена методика определения коэффициента эффективности гидрофобного состава для профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог, позволяющая определять эффективность гидрофобных профилактических составов.

Список литературы

1 Бочкарёв, Д. И. Оценка влияния эксплуатационных характеристик асфальтобетонных покрытий на безопасность дорожного движения / Д. И. Бочкарёв, В. В. Петрусевич // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2015. – № 1 (10). – С. 40–45.

2 Использование метода ИК-спектроскопии для идентификации отходов нефтехимического производства / Д. И. Бочкарёв, В. В. Петрусевич, А. М. Валенков // Науч.-техн. журнал. Горная механика и машиностроение. – 2017. – № 2. – С. 84–89.

3 Методология оценки воспроизводимости коэффициента сцепления асфальтобетонного покрытия при его профилактической обработке в лабораторных и реальных условиях / Д. И. Бочкарёв [и др.] // Науч.-техн. журнал. Автомобильные дороги и мосты. – 2019. – № 1. – С. 25–31.

4 Гидрофобный состав для профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог : пат. Респ. Беларусь; МПК 7E01C14/24 / Д. И. Бочкарёв, В. В. Петрусевич; заявитель Д. И. Бочкарёв, В. В. Петрусевич. – № а 20180114 ; заявл. 23.03.2018.

УДК 625.151.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРИВОЙ ПРИ ЗАМЕНЕ КРИВОЛИНЕЙНОГО СТРЕЛОЧНОГО ПЕРЕВОДА ПРОИЗВОДСТВА VAE (РИГА) ОДИНОЧНЫМ ОБЫКНОВЕННЫМ

В. В. РОМАНЕНКО, Н. Д. ДОМАШ, А. Ю. ТАРАКАНОВ, К. Д. ОРЛОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

По состоянию на 01.01.2019 г. дистанциями пути Белорусской железной дороги обслуживается 12116 стрелочных переводов. Большинство – это одиночные стрелочные переводы, причем одиночные обыкновенные, т. е. одно направление пути прямолинейное, а второе – криволинейное. Однако в пределах дистанции обслуживаются и криволинейные стрелочные переводы, отличительной особенностью которых является криволинейность обоих путей.

Криволинейные стрелочные переводы позволяют сохранить криволинейность участка пути без устройства прямых вставок. Радиусы таких стрелочных переводов могут быть как типовыми, так и нетиповыми (применительно к каждой конкретной кривой, в том числе и переходной). К криволинейным стрелочным переводам с нетиповыми радиусами относятся криволинейные стрелочные переводы производства фирмы VAE (Рига), которые отличаются от всех остальных индивидуальностью конструктивных решений. Они выполнены по индивидуальным проектам, которые обеспечивают вписывание криволинейных стрелочных переводов в криволинейные участки пути тем же ра-

диусом, в том числе и в пределах переводной кривой. На сегодня 25 стрелочных переводов уложены на направлении Минск – Барановичи – Брест и представляют особый интерес для изучения, так как поддерживают надежный уровень безопасности движения поездов, реализуя при этом высокие скорости движения.

Минской дистанцией пути эксплуатируются 10 стрелочных переводов производства фирмы VAE (Рига), а именно: 1 шт. в пределах станции Минск-Южный, 1 шт. в пределах станции Минск-Сортировочный, 1 шт. в пределах станции Минск-Восточный, 4 шт. в пределах станции Минск-Пассажирский и 3 шт. в пределах станции Негорелое.

Согласно плану замены криволинейных стрелочных переводов на Белорусской железной дороге, утвержденному приказом от 30.06.2015 № 618 НЗ, ввиду выработки своего ресурса криволинейные стрелочные переводы VAE подлежат замене. Однако вопрос замены этих стрелочных переводов на сегодня является актуальным, так как предприятием *Voestalpine VAE Legetecha UAB* не планируется проведение сертификации выпускаемой продукции по требованиям ТР ТС 003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта». В рамках решения данной проблемы необходимо проанализировать состояние лежащих в пути стрелочных переводов, определить конкретные сроки их замены с учетом наличия запасных частей и разработать проектно-сметную документацию по выносу стрелочных переводов в прямой участок пути или замены их унифицированными криволинейными стрелочными переводами других заводов-изготовителей.

Унифицированные криволинейные стрелочные переводы производятся стрелочными заводами, находящимися на территории Российской Федерации. Освоено производство криволинейных стрелочных переводов, но постоянной кривизны для путей с радиусом основного пути 600, 750 и 900 м как на железобетонном, так и на деревянном основаниях. Данные стрелочные переводы имеют сертификаты соответствия требованиям ТР ТС 003/2011.

В результате анализа состояния лежащих в пути стрелочных переводов по указанным выше параметрам было принято решение на разработку проектно-сметной документации по переустройству четной горловины станции Негорелое, на которой в данный момент эксплуатируется 3 криволинейных стрелочных перевода производства VAE (Рига).

Криволинейные стрелочные переводы VAE расположены в пределах I и II главных путей станции Негорелое, а именно: на I главном пути – стрелочный перевод № 20, на II – стрелочные переводы № 2 и 16. Стрелочный перевод № 20 вписан в криволинейный участок I главного пути на ПК 7998+93,00 – ПК 8005+00,00 направления Минск – Брест в четной горловине станции. Стрелочные переводы № 16 и 2 вписаны в криволинейный участок II главного пути на ПК 7998+90,00 – ПК 8005+13,00 направления Минск – Брест в четной горловине станции.

Ввиду наибольшей распространенности одиночных обыкновенных стрелочных переводов и простоты их текущего содержания в данной работе проводилось исследование возможности замены криволинейного стрелочного перевода обыкновенным, а также изменения положения криволинейных участков и величины сдвижек после замены. Исследование выполнено на примере стрелочного перевода № 16. Блоки стрелки и переводных рельсов криволинейного стрелочного перевода № 16 располагаются во второй переходной кривой криволинейного участка ПК 7998+90,00 – ПК 8005+13,00, крестовинный блок располагается в пределах круговой кривой.

Кривая, в которую вписан стрелочный перевод № 16, является составной, радиус первой круговой кривой равен 995 м, второй – 865 м. Длина первой переходной кривой – 95 м, второй – 98 м. Длина первой круговой кривой составляет 411,68 м, второй – 108,91 м. Стрелочный перевод № 16 является частью II главного пути, и к нему примыкает станционный путь № 4, который проходит через стрелочный перевод № 24. Расстояние от задних стыков крестовины стрелочного перевода № 16 до задних стыков крестовины стрелочного перевода № 24 составляет 23,0 м.

При замене криволинейного стрелочного перевода и укладке взамен его одиночного обыкновенного, чтобы сохранить прямолинейное направление между стрелочными переводами № 16 и 24, необходимо сместить положение нового стрелочного перевода № 16 на 7,34 м в сторону стрелочного перевода № 24. При этом расстояние от задних стыков крестовины стрелочного перевода № 16 до задних стыков крестовины стрелочного перевода № 24 составляет 27,94 м (рисунок 1). При таком варианте стрелочный перевод № 24 не меняет своего местоположения, и, следовательно, положение оси пути № 4 также не меняется. После укладки одиночного обыкновенного стрелочного перевода начало переходной кривой будет располагаться после укладки брусьев закрестовинного блока, длина которого составляет 8,75 м.

Данная кривая эксплуатируется с возвышением наружного рельса, равного 75 мм. При изменении параметров кривой величину возвышения наружного рельса уменьшить недопустимо, так как это значение минимальное по условию обеспечения комфортабельности езды пассажиров. Исходя из условия обеспечения минимальной крутизны отвода возвышения (1 мм на 1 м пути) длина переходной кривой должна составлять не менее 75 м. При устройстве первой переходной кривой длиной 75 м ордината в последней точке (КПК) до оси существующего пути (круговой кривой радиусом 995 м) составляет 4,176 м. Такая ордината соответствует радиусу 225 м. Устройство кривой радиусом 225 м недопустимо, поэтому определяем минимально возможный радиус для устройства круговой кривой исходя из условия обеспечения требования непревышения величины непогашенного ускорения, который равен 957 м.

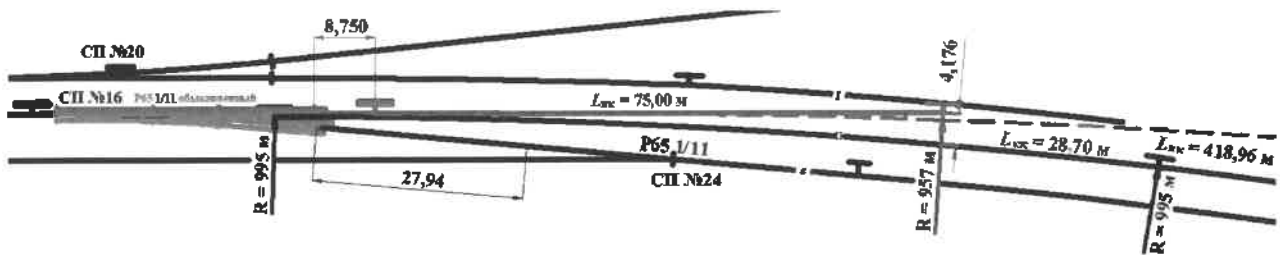


Рисунок 1 – Схема вписывания одиночного обыкновенного стрелочного перевода взамен криволинейного ВАЕ № 16 станции Негорелое

Исходя из схемы (см. рисунок 1) можно сделать вывод, что при вписывании кривой радиусом 957 м и переходной кривой длиной 75 м ось проектируемого пути абсолютно не совпадает с осью существующего пути. При этом совместить оси проектируемого и существующего пути не представляется возможным без больших смещений (4,167 м в точке КПК), в том числе и параллельно расположенных с ним станционных путей, чтобы обеспечить минимальную ширину междупутья.

Кроме того, криволинейный стрелочный перевод № 16 располагается на II главном пути и далее за ним, по направлению на Брест «стык в стык» лежит обыкновенный стрелочный перевод № 8, боковой путь которого ведет к обыкновенному стрелочному переводу № 6. В свою очередь данный съезд, а в частности стрелочный перевод № 6 лежит «стык в стык» со стрелочным переводом № 4, который образует с криволинейным стрелочным переводом № 2 съезд на II путь.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что замена криволинейного стрелочного перевода № 16 производства ВАЕ (Рига) на одиночный обыкновенный стрелочный перевод повлечет за собой существенные изменения месторасположения как существующих стрелочных переводов, так и осей путей. Замена даже одного криволинейного стрелочного перевода обыкновенным повлечет за собой реконструкцию горловины станции.

УДК 625.151.2

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИВЕДЕНИЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ ПУТИ В ПРОЕКТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

*В. В. РОМАНЕНКО, К. Д. ОРЛОВ, Н. Д. ДОМАШ, А. Ю. ТАРАКАНОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

На Белорусской железной дороге в главных путях содержится 4348 кривых участков пути. При анализе, произведенном отделом пути измерений Центра диагностики объектов инфраструктуры государственного объединения «Белорусская железная дорога», выявлено 605 участков пути, требующих проведения работ по приведению их в соответствие с проектной документацией. Учитывались условия обеспечения безопасности требуемых величин действующими нормативами (непогашенное ускорение, скорость его изменения и уклон отвода возвышения наружного рельса), несоответствия отводов возвышения наружного рельса кривой и кривизны более 20 м, скорости движения поездов согласно проектной документации, графические диаграммы проездов вагонов-путеизмерителей.

Согласно анализу состояния кривых участков пути в границах Жлобинской дистанции пути были выявлены кривые, требующие проведения работ по приведению к проектной документации по направлению Гомель – Жлобин – Осиповичи I путь в количестве 5 шт., по направлению Осиповичи – Жлобин – Гомель II путь – 1 шт., по направлению Могилев – Жлобин – 2 шт., по направлению Жлобин – Калинковичи – 2 шт. Кроме того, имеются кривые участки пути, на которых установленные скорости не соответствуют параметрам устройства. Согласно проектной документации по направлению Гомель – Жлобин – Осиповичи I путь – в количестве 3 шт., по направлению Осиповичи – Жлобин – Гомель II путь – 5 шт., по направлению Жлобин – Жлобин-Подольский III путь – 2 шт.

На направлении Гомель – Минск была проведена электрификация и введен в обращение электропоезд ЭПг (Stadler), для которого возможно развитие скорости для пассажирских поездов 140 км/ч.

На участке Жлобин – Гомель ПК 216 + 777 – ПК 217 + 28 расположена кривая длиной 251 м, радиусом 1993 м. Кривая содержится в отличном состоянии в плане и по уровню, однако ее положение отличается от проектной. Длина первой и второй переходных кривых соответственно $L_{ПК1} = 63$ м и $L_{ПК2} = 80$ м. Угол поворота кривой составляет $5^\circ 7'$. Кривая расположена во II главном пути, максимальная скорость движения пассажирских поездов – 140 км/ч. Существующее возвышение наружного рельса составляет 29 мм.

Согласно проектной документации кривая должна иметь следующее пикетажное положение: начало кривой (начало первой переходной кривой) – ПК 216 + 790, конец кривой (начало второй переходной кривой) – ПК 217 + 11. Длины первой $L'_{ПК1}$ и второй $L'_{ПК2}$ переходных должны составлять 45 и 50 м соответственно, возвышение наружного рельса $h'_{гр} = 30$ мм.

Исходя из анализа существующей и проектной кривых можно сделать вывод о том, что НПК₁ существующей кривой располагается на 13 м раньше, чем НПК₁ проектной кривой, и заканчивается в пределах проектной круговой кривой, а НПК₂ существующей 2-й кривой начинается на прямом участке пути и заканчивается в пределах проектной 2-й переходной кривой. Разница составляет 17 м.

Кривая состоит из трех частей. От точки НПК до точки КПК радиус изменяется от бесконечности (радиус прямого участка) до радиуса круговой кривой $R_{кк} = 1993$ м, возвышение наружного рельса изменяется от 0 мм (возвышение на прямом участке пути) до возвышения наружного рельса на круговой кривой $h_{гр} = 29$ мм.

Графоаналитическим способом в точках с шагом 10 м определена разница между положением существующей и проектной кривых, показывающая насколько ось существующей кривой отличается от оси проектной кривой (рисунок 1).

Проверка кривой производится по основным параметрам согласно СТП-09150.56.010–2005. Проверка показала, что параметры существующей кривой удовлетворяют условиям не превышения допустимых величин непогашенного ускорения и скорости изменения непогашенного ускорения, как следствие – удовлетворяют условиям пропуска поездов с установленной скоростью 140 км/ч.

С целью минимизирования величин сдвижек существующей кривой к расчетной № 1 рассмотрено возможное переустройство кривой с изменением $R_{кк}$, при этом длины переходных кривых для расчетной кривой № 1 принимаются согласно проектным, равным по 45 м и 50 м.

Графоаналитическим способом в каждой точке кривой с шагом 10 метров определяем разницу между координатами положения существующей и расчетной кривой № 1. Эта разница показывает, насколько ось существующей кривой отличается от оси расчетной кривой № 1. Определение величины несовпадения представлено на рисунке 2, из которого, видно, что:

- на участке от НПК₁ до 120 м существующей кривой все сдвижки необходимо проводить от центра кривой, а с 120 м до НПК₂ – к центру кривой;
- максимальное несовпадение существующей и расчетной кривых – 18 см.

Проверка кривой проведена по основным параметрам.

1 Длина расчетной первой переходной кривой № 1 составляет 45 м, на ней отводится возвышение величиной 29 мм. Существующий отвод возвышения наружного рельса $i = 29 : 45 = 0,64$, что намного ниже предельного значения.



Рисунок 1 – Определение величин несовпадения кривых при приведении существующей кривой в проектное положение

2 Величина непогашенного ускорения $a_{\text{нпг}} = 140^2 : 13 \cdot 2160 - 0,0061 \cdot 30 = 0,515 \text{ м/с}^2$, что меньше чем допускаемое значение $[a_{\text{нпг}}]$, равное $0,7 \text{ м/с}^2$.

3 Скорость изменения непогашенного ускорения $\Psi = 0,111 \cdot 140 : 3,6 \cdot 10 = 0,432 \text{ м/с}^3$, что меньше допускаемого значения, равного $0,6 \text{ м/с}^3$.

Проверка показала, что параметры расчетной кривой № 1 удовлетворяют условиям непревышения допускаемых величин непогашенного ускорения и скорости изменения непогашенного ускорения. Это позволяет сделать вывод о возможности устройства кривой с такими расчетными параметрами, так как изменение кривой не снижает установленной скорости движения поездов 140 км/ч .

Однако, учитывая наличие опор контактной сети без дополнительного их обследования, можно сделать вывод, что величина смещения, равная 18 см , в пределах круговой кривой недопустима.

Учитывая невозможность смещения оси пути относительно контактного провода, которая может вызвать переустановку опор контактной сети, можно сделать вывод что данную кривую в рассмотренных условиях привести к расчетному положению № 1 не представляется возможным.

С целью минимизирования величин сдвижек существующей кривой к расчетной кривой № 2 рассмотрим возможное переустройство кривой с изменением радиуса круговой кривой и длин переходных кривых, которые для расчетной кривой № 2 составляют по 55 метров .

Графоаналитическим способом в каждой точке кривой с шагом 10 метров определяем разницу между координатами положения существующей и расчетной кривой № 2. Эта разница показывает, насколько ось существующей кривой отличается от оси расчетной кривой № 2. Определение величины несовпадения представлено на рисунке 3, из которого, видно, что:

- на участке от НПК₁ до 130 м существующей кривой все сдвижки необходимо проводить от центра кривой, а с 130 м до НПК₂ – к центру кривой;
- максимальное несовпадение существующей и расчетной кривой № 2 составляет 12 см .

Проверка кривой проводится аналогично расчетной кривой № 1, которая показала, что параметры удовлетворяют условиям непревышения допускаемых величин непогашенного ускорения и скорости его изменения. Это позволяет принять эти параметры, так как изменение кривой не снижает установленной скорости движения поездов 140 км/ч .

Указанные выше смещения были рассчитаны с учетом переустройства существующей кривой в расчетную кривую № 2, имеющую идеальное положение. С учетом допускаемых разностей стрел изгиба (согласно изменению в стандарте СТБ 09150.56.010–2005 от 29.06.2006 № 221Н при скоростях движения поездов $121–140 \text{ км/ч} - 25 \text{ мм}$) при выправке существующей кривой в плане величину сдвижек возможно уменьшить. Таким образом, принимая во внимание конструкцию опоры контактной сети, можно сделать вывод, что величина смещения, равная 12 см , в пределах круговой кривой вполне допустима.

УДК:656.052.49

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ КАК КОМПЛЕКС, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

М. С. СИМАГУТИНА

Государственный университет управления, г. Москва, Российская Федерация

Процесс цифровизации транспорта и его отдельных элементов движется быстрыми темпами. Создание Интеллектуальных транспортных систем (ИТС) имеет жизненно важное значение для повышения безопасности и других растущих проблем в использовании транспортного средства.

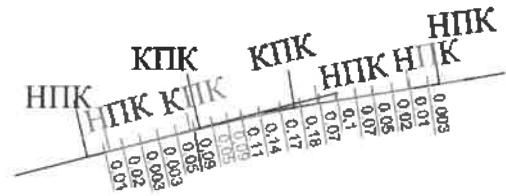


Рисунок 2 – Определение величин несовпадения кривых (существующей относительно расчетной № 1)



Рисунок 3 – Определение величин несовпадения кривых (существующей относительно расчетной № 2)

Стремительное развитие новых технологий способствует революции в сфере транспорта. Многие из этих технологий могут помочь сделать транспорт более эффективным, безопасным и чистым. Все эти идеи переходят от создания концепции до массового внедрения, и в последующем темпы будут ускоряться [1]. Интеграции существующих технологий позволят создать новые услуги, которые имеют большое значение в транспортном секторе. Насколько быстро будет происходить ускорение, зависит от ряда факторов:

- время внедрения;
- технические характеристики;
- безопасность систем;
- готовность потребителей;
- нормативно-правовая база.

Развитие технологий способно изменить методы управления и эксплуатации дорожных сетей. Интеллектуальные транспортные системы – это комплекс технологий и методов управления, используемых в системе транспорта и управления дорожным движением для повышения безопасности и эффективности транспортной сети [5]. Система дает ряд возможностей, которые ранее не использовались в транспортном сегменте:

- деятельность, осуществляемая только человеком, может быть автоматизирована;
- контроль производительности дорожной сети осуществляется в реальном времени;
- новые источники сбора данных менее дорогостоящие;
- влияние на участников движения с помощью мобильных устройств и автомобильных систем.

Многие интеллектуальные транспортные системы предусматривают наблюдение за проезжей частью, что является основным приоритетом безопасности. Также система может повысить эффективность перевозок, организацию дорожного движения и мобильность. Все эти системы различаются по технологии основных систем управления:

- навигационные системы;
- сигнальные системы;
- автоматическое распознавание знаков;
- радары для мониторинга;
- информационные системы.

Все эти системы и технологии позволяют интегрировать данные в реальном времени, получать информацию от других источников, что делает движение более безопасным. Анализ транспортных данных также вносит значительный вклад в улучшение взаимодействия всех участников транспортной сети. Интеллектуальные транспортные системы должны поддерживать обмен данными между различными видами транспорта, функциями и другими сторонами, заинтересованными в получении информации. Для получения данных используется несколько основных методов:

- метод триангуляции – использование мобильных устройств для составления потока трафика, измерение и анализ сетевых данных с использованием статистического сетевого сектора;
- повторная идентификация – использование на дороге детекторов, которые вычисляют время и скорость движения с использованием серийного номера устройства;
- методы, основанные на GPS – использование системы навигации для отслеживания показаний о транспортном средстве;
- мониторинг со смартфона – отслеживание скорости и плотности движения; данные контролируются непосредственно водителем [3].

Все эти технологии передачи данных в реальном времени дают преимущества перед другими методами измерения. Безопасность и эффективность действия транспортных систем напрямую зависят от применения передовых технологий.

Интеллектуальные транспортные системы:

- беспроводная связь;
- технологии вычисления и зондирования;
- видеообнаружение ТС;
- умные ТС;
- центры обнаружения ситуаций;
- информирование по маршруту [4].

ИТС охватывают большой спектр беспроводных и проводных линий, основанных информационных и электронных технологий. Система интегрирована в транспортную инфраструктуру и в сами транспортные средства, именно поэтому подразделяется на два основных типа:

- интеллектуальные инфраструктурные системы – получение информации о дорожной ситуации, электронная оплата и ряд других функций;

– интеллектуальные системы транспортного средства – предотвращение столкновений, помощь водителю, безопасная эксплуатация [6].

Сегодня на дорогах более распространены технологии, которые включают транспортное средство с различными компонентами, отвечающими за безопасность. Сократить число дорожно-транспортных происшествий на дорогах можно с использованием ряда технологий, которые обеспечивают непосредственную связь транспортных средств друг с другом [7]. Управление программами интеллектуальных транспортных систем обеспечивается за счет обмена данными о местоположении и скорости для обнаружения угроз и опасностей.

Преимущества технологии умных транспортных систем:

- увеличение безопасности;
- уменьшение заторов на дорогах;
- увеличение емкости проезжей части [2].

Непосредственное использование интеллектуальной транспортной системы в транспортной сети дает различные выгоды:

- снижение перегруженности;
- ускоряется сбор информации и координируется движение;
- ускорение управления инцидентами.

Действующие интеллектуальные транспортные системы:

- автоматический сбор платы за проезд по определенным участкам дороги;
- обеспечение заблаговременного оповещения о пробках, авариях, возможном столкновении и другое;

- зоны, позволяющие автоматически списывать налоги за въезд в центральную часть города [3].

Интеллектуальные транспортные системы способны повысить пропускную способность, безопасность и эффективность всей транспортной сети, используя полученную информацию, технологии и средства связи. Существенные преимущества использования такой системы дают понимание ситуации, способствуют снижению перегруженности, повышению безопасности и более быстрому реагированию.

Список литературы

- 1 Васюгова, С. А. Анализ инновационных решений в развитии интеллектуальных транспортных систем / С. А. Васюгова, А. Б. Николаев // Теоретические и прикладные аспекты науки. – № 4(1). – 2014. – С. 103–106.
- 2 Петров, П. Е. Перспективы использования «умных автомобилей» для повышения безопасности участников дорожного движения / П. Е. Петров, Е. А. Студентова // Евразийский союз ученых. – № 4. – 2015. – С. 49–50.
- 3 Саморегулирующие транспортные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ec.europa.eu/transport/themes/its_en. – Дата доступа : 14.09.2019.
- 4 Интеллектуальная транспортная система [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.wsp.com/en-GL/services/intelligent-transportation-systems-its>. – Дата доступа 11.09.2019.
- 5 Транспортно-логистические тенденции [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.pwc.pl/en/publikacje/2018/transport-and-logistics-trends-2019.html>. – Дата доступа 15.09.2019.
- 6 Революция в области транспорта и логистики: новые технологии для индустрии 4.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.automotiveworld.com/news-releases/revolutions-in-transport-and-logistics-new-technologies-for-industry-4-0>. – Дата доступа : 16.09.2019.
- 7 V2V, V2I, технологии и возможное будущее автомобильного транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://habr.com/post/237447/>. – Дата доступа 14.09.2019.

УДК 656.2.08

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В. Т. СОТНИКОВ

КУП «Минский метрополитен», Республика Беларусь

В. В. ОРЕХОВ, В. А. ЗЕЛИНСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Обеспечение высокого уровня безопасности на железнодорожном транспорте в настоящее время является одной из первостепенных задач и государства, и организаций, ответственных за железнодорожные перевозки. Любой сравнительный анализ за последние годы количества пассажиров и грузов, перевозимых различными видами транспорта внутри страны, показывает, что на долю железнодорожных перевозок приходится очень большая их часть.

Однако любое чрезвычайное происшествие на железной дороге не только приносит огромные убытки, но и требует больших затрат на восстановление нормального движения.

Безопасность движения на железнодорожном транспорте – это комплекс организационно-технических мер, направленных на снижение вероятности возникновения фактов угрозы жизни и здоровью пассажиров, сохранности перевозимых грузов, сохранности объектов инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта, экологической безопасности окружающей среды. Можно смело констатировать, что проблема обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте появилась одновременно с самим транспортом.

Безопасность железнодорожного транспорта, имеющего особое значение для экономики нашей страны, остается особо важной проблемой.

В целом проблема безопасности является комплексной. Ее можно разделить на несколько составляющих:

- технологическая – безопасность основных технологических процессов железнодорожного транспорта (сюда можно отнести движение поездов, погрузку вагонов, маневровые работы);
- промышленная безопасность объектов железнодорожного транспорта – правильное использование грузоподъемных механизмов, правильная транспортировка огнеопасных веществ, сжатых газов и т. п.;
- безопасность труда работников железнодорожного транспорта;
- экологическая безопасность железнодорожного транспорта, который в процессе своей деятельности оказывает экологическое воздействие на окружающую среду.

И всё-таки в общей совокупности вопросов безопасности движения одним из важных является вопрос технологической безопасности железнодорожного транспорта. Речь идет о нарушениях нормального технологического процесса его работы, которые приводят к возникновению аварийной ситуации (схода, крушения и т. п.) с причинением материального ущерба или к жертвам.

Проблема технологической безопасности носит комплексный характер и зависит от решения ряда частных проблем.

1 Недостаточная надежность подвижного состава, связанная с конструктивными особенностями вагонов (платформ) и технологическими проблемами предприятий – изготовителей подвижного состава.

2 Слабое состояние систем диагностики и контроля подвижного состава.

3 Ошибки персонала, связанные с маршрутизацией поездов, подготовкой вагонов к движению, контролем вагонов в пути следования и т. п.

К сожалению, аварии на железных дорогах случаются часто. Низкое качество изготовления отдельных элементов вагонов, массовые повреждения вагонов при погрузочно-разгрузочных работах, по мнению специалистов, нередко являются причинами снижения безопасности на железнодорожном транспорте.

Только общими усилиями можно добиться повышения безопасности на железнодорожном транспорте, используя при этом самые разные меры и понимая всю ответственность выполнения поставленных задач.

УДК 625.143.483

ХРОНОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ

П. В. СТОЦКИЙ, С. Ф. СИЗИН

Белорусская железная дорога, г. Минск

В. А. ЦАРИКОВ

Белорусская железная дорога, г. Могилев

В. И. МАТВЕЦОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Широкое внедрение и совершенствование термитной и электроконтактной сварки создало условия для укладки в путь сварных рельсов. Наряду с этим в 30-х годах прошлого столетия на ряде станций Московской и Южной дорог укладывались плети длиной от 300 до 800 м.

Началом опытной укладки бесстыкового пути в условиях нормальной его эксплуатации в бывшем Союзе следует считать 1949 г., когда в начале на Томской дороге на станции Инская, а затем на пере-

гоне Инская – Издревая по предложению инженера М. С. Бочёнова (впоследствии доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники СССР) был уложен бесстыковой путь с рельсами Р43 особой конструкции, названный впоследствии плетевым путем с саморазрядкой температурных напряжений. Такая свобода перемещений обеспечивалась специальными промежуточными костыльными скреплениями и уравнительными приборами на концах плетей. Для возвращения перемещившейся плети на место в средней ее части сооружалось пружинное возвращающее устройство. После переезда М. С. Бочёнова. В Москву бесстыковой путь его конструкции с 1954 г. Укладывался на Московско-Курско-Донбасской дороге, где он эксплуатировался до 1961 г.

Температурно-напряженный бесстыковой путь с сезонными разрядками температурных напряжений был впервые в опытном порядке уложен на IV главном пути бывшей Московско-Курско-Донбасской дороги в 1956 г. По предложению ЦНИИ МПС для укладки применили рельсы типа Р50. Плетей соединялись уравнительными приборами.

В 1957 г. началась укладка бесстыкового пути на Белорусской железной дороге. Для укладки бесстыкового пути на дороге к этому времени создались благоприятные условия в связи с внедрением в 1956 г. железобетонных шпал. На перегоне Молодечно – Сморгонь Молодеченской дистанции пути были уложены первые 19 км бесстыкового температурно-напряженного пути с периодической разрядкой напряжений. Некоторые плети в опытном порядке укладывали не с уравнительными приборами, а в комплексе из трех уравнительных рельсов.

Однако до 1963 года бесстыковой путь укладывался, в основном, в районах с годовыми температурными амплитудами до 90–95 °С. Препятствием для расширения зон укладки рельсовых плетей являлись большие амплитуды температур и утверждение многих специалистов о появлении впереди тормозящего поезда значительных дополнительных продольных сил.

По инициативе НИИЖТа с разрешения ЦП МПС на перегоне Чик – Коченево Западно-Сибирской железной дороги 23 октября 1963 г. По оригинальной технологии был уложен бесстыковой путь с рельсами Р65 на щебеночном балласте с деревянными шпалами на раздельном скреплении. В результате проведенного специалистами НИИЖТа уникального эксперимента установлено, что дополнительных продольных сил впереди тормозящего поезда даже при экстренном торможении не возникает. Так была доказана возможность укладки и нормальной эксплуатации бесстыкового пути на всей территории бывшего Союза.

В 1975 г. НИИЖТ, МИИТ, ХИИТ и БелНИИЖТ обратились к заместителю министра путей сообщения А. Ф. Подпалому с просьбой разрешить укладку плетей на длину блок-участка. Следует отметить, что все основные предположения по применению бесстыкового пути со сверхдлинными рельсовыми плетями были разработаны транспортными вузами, ВНИИЖТ занимал противоположную позицию и долгое время сопротивлялся внедрению на сети железных дорог рельсовых плетей сверхнормативной длины.

Увидев преимущества укладки и эксплуатации длинных рельсовых плетей, путейцы стали повсеместно увеличивать их длину. Длина рельсовых плетей стала резко возрастать, достигая 5, 8, 10, 13 км и более. Поэтому еще до развала Союза наибольшая длина рельсовых плетей, постоянно увеличиваясь, достигла на Донецкой дороге 17,5 км. В настоящее время длина рельсовых плетей не ограничена и укладывается на несколько перегонов.

В докладе в хронологической последовательности раскрываются процесс развития конструкции бесстыкового пути, технологии его укладки и ремонтов, контроля за перемещениями рельсовых плетей, определения температурных сил и прогнозирования надежности бесстыкового пути в момент наступления экстремальных температур.

УДК 691.328.4

ОБ АРМИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ШПАЛ МЕТАЛЛОПЛАСТИКОВЫМИ СТЕРЖНЯМИ

А. И. ТИШКЕВИЧ

ОАО «Институт Гомельпроект», Республика Беларусь

В. В. ТАЛЕЦКИЙ, И. В. ВАДЕНКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Шпалы со времени постройки первых железных дорог вошли в конструкцию верхнего строения пути в качестве незаменимого элемента, изготавливаемого в основном из древесины. К одному из

наиболее важных эксплуатационных свойств деревянных шпал относится значительная упругость материала, смягчающая ударно-динамическое силовое воздействие подвижного состава на путь. Однако срок службы сосновых пропитанных масляными антисептиками шпал составляет в среднем 16–20 лет. На срок службы шпал значительное влияние оказывает механический износ. По этой причине в конце пятидесятих годов прошлого века, когда начиналась укладка новых более тяжелых рельсов (Р50 и Р65), стали применять железобетонные шпалы. Применение железобетонных шпал объясняется рядом присущих им ценных эксплуатационных качеств: высокая долговечность шпал (40–50 лет); обеспечение повышенной устойчивости рельсовой колеи; однородность физического состояния шпал на протяжении всего срока службы, что обеспечивает одинаковые характеристики упругости рельсового основания; возможность придания шпалам целесообразных геометрических форм с учетом действующих на шпалу сил. Вместе с тем следует учитывать, что железобетонные шпалы дороже деревянных, имеют большую массу и усложняют работы по ремонту и содержанию пути, сильно повышают жесткость пути, что отрицательно сказывается на работе пути и рельсов. При железобетонных шпалах одиночный выход рельсов, по повреждениям в зоне стыков, в 2–3 раза выше, чем при деревянных [1].

В настоящее время Осиповичский завод железобетонных конструкций выпускает сборные железобетонные шпалы брускового типа, предварительно напряженные с прямолинейной стержневой арматурой. Шпала изготавливается из бетона класса С40/50 с арматурой из четырех стержней периодического профиля диаметром 9,6 мм класса S1400. Изгибная жесткость шпалы примерно в 70 раз больше по сравнению с деревянной.

По прочности шпалы можно изготавливать без предварительного натяжения арматуры. Но для исключения образования трещин в растянутой зоне сечения под рельсовой площадкой и сечения в середине шпалы, их изготавливают предварительно напряженными. Если трещины образуются, то атмосферная влага через них будет проникать к рабочей арматуре, вызывать её коррозию и, соответственно, снижать несущую способность шпалы.

Прочность шпал легко обеспечить использованием в качестве арматуры композитные стеклопластиковые стержни, нормативное сопротивление разрыву которых не менее 1000 МПа. Однако проблема широкого применения стеклопластиковой арматуры заключается в низком модуле упругости (не более 50 ГПа), что в четыре раза меньше модуля упругости стали. Расчетами установлено, что при подобранной арматуре для обеспечения прочности на действующие на шпалу нагрузки, жесткость шпалы уменьшилась в 20 раз по сравнению с предварительно напряженной. В растянутой зоне сечения под рельсовой площадкой и сечения в середине шпалы образуются трещины с шириной раскрытия не менее 1 мм. Такое раскрытие трещин не приводит к полному их закрытию после снятия нагрузки. Стеклопластиковая арматура обладает высокой коррозионной стойкостью к атмосферным воздействиям, но открытые трещины после снятия нагрузки будут способствовать коррозионному разрушению бетона от атмосферных воздействий и значительному снижению долговечности шпал.

Снизить жесткость пути на бетонных шпалах со стеклопластиковой арматурой без предварительного напряжения и в то же время уменьшить ширину раскрытия трещин можно путем увеличения модуля упругости за счет размещения стальных стержней внутри стеклопластиковой арматуры назвать такую арматуру можно металлопластиковой. Например, при диаметре стального стержня 5 мм и общем диаметре металлопластиковой арматуры 8 мм (можно обозначить Ø8(5)) модуль упругости увеличится до 109 ГПа [2].

Армирование шпал металлопластиковыми стержнями следующее: в подрельсовой площадке – 8Ø8(5) мм в нижней зоне сечения; в средней части шпалы – 4Ø8(5) мм в нижней части сечения и 8Ø8(5) мм в верхней части сечения. При таком армировании расход стальной арматуры уменьшается на 30 %.

Расчет шпалы, армированной металлопластиковыми стержнями, произведен на испытательные нагрузки в соответствии с СТБ 1081[4] в программном комплексе Mathcad 15. Изгибающий момент в сечении посередине шпалы для нижних волокон 9,24 кН·м и 20,6 кН·м для верхних волокон. Изгибающий момент в сечении под рельсовой площадкой для нижних волокон 27,2 кН·м. Ширина раскрытия трещин составила: для сечения посередине шпалы $w_k = 0,4$ мм (в нижней части сечения); $w_k = 0,38$ мм (в верхней части сечения); для нижней части подрельсового сечения $w_k = 0,37$ мм. Данные значения свидетельствуют о том, что при снятии действующей нагрузки трещины закроются и будут исключены проникновение атмосферной влаги в тело шпалы и коррозия бетона.

Согласно расчетам значение жесткости шпалы для подрельсового сечения $8,5 \cdot 10^2$ кНм², что примерно в 8 раз меньше жесткости предварительно напряженной шпалы.

Запроектированная таким образом шпала будет положительно влиять на работу рельсов (особенно концов стыков), креплений рельсов к шпалам, а также колёс подвижного состава, следовательно, армированные таким образом шпалы могут применяться в широкой практике.

Обобщая вышесказанное, можно сделать следующие выводы.

1 Предлагается армирование бетонных шпал выполнять металлопластиковой арматурой без предварительного напряжения.

2 При таком армировании изгибная жесткость шпалы уменьшится в 8 раз по сравнению с железобетонной предварительно напряженной шпалой и, соответственно, снизится жесткость пути в целом. Это приведет к улучшению работы рельсов (особенно концов у стыков), креплений рельсов к шпалам, а также колес подвижного состава.

3 Обычное, без предварительного натяжения, армирование приводит к образованию трещин в растянутой зоне сечения. Расчетами установлено, что ширина раскрытия трещин в растянутой зоне сечения под рельсовой площадкой и сечения в середине шпалы под нагрузкой не превысит 0,4 мм. После снятия действующей нагрузки трещины (с такой шириной раскрытия) закроются и будут исключены проникновение атмосферной влаги в тело шпалы и коррозия бетона.

4 Переход от предварительно напряженной арматуры к обычной значительно упростит технологию изготовления шпал и снизит стоимость.

Список литературы

1 Железобетонные шпалы для рельсового пути / А. Ф. Золотарский [и др.] ; под общ. ред. А. Ф. Золотарского. – М. : Транспорт, 1980. – 270 с.

2 Талецкий, В. В. Увеличение модуля упругости стеклопластиковой арматуры / В. В. Талецкий // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства : сб. науч.-техн. статей (материалы науч.-метод. семинара) 22–23 мая 2013 г. В 2 ч. Ч. 1 / ред. кол.: В. Ф. Зверев [и др.]. – Минск : БИТУ, 2013. – С. 130–136.

3 СНБ 5.03.01–02. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. – Взамен СНиП 2.03.01–84*. Введ. 2003–07–01. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2003. – 139 с.

4 СТБ 1081–97. Шпалы железобетонные предварительно напряженные для железных дорог колеи 1520 мм. Технические условия. – Минск : Минстройархитектуры. – 24 с.

УДК 656.2.0.8(476.2)

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ГОМЕЛЬСКОМ ОТДЕЛЕНИИ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В. И. ХОЛЯВКО

Белорусская железная дорога, г. Гомель

А. С. ЛАПУШКИН, В. И. ИНЮТИН, М. А. КРАСНОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В 2018 году предприятия отделения железной дороги достигли снижения количества нарушений безопасности движения. На отделении дороги зарегистрировано 6 событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, против 7 событий, связанных с нарушением безопасности движения в поездной и маневровой работе за 2017 год.

Нарушения безопасности движения распределились следующим образом:

– в локомотивном хозяйстве – четыре события (66,7 %); в вагонном – одно (16,7 %); по прочим причинам – одно.

Число отказов в работе технических средств в 2018 году по сравнению с 2017 годом уменьшилось с 166 до 158 случаев. Наибольшее количество отказов приходится на хозяйства сигнализации и связи (46,8 %), вагонное (24,7 %) и локомотивное (16,5 %).

На Гомельском отделении Белорусской железной дороги в 2018 году допущен один случай производственного травматизма, в 2017 году – 2 случая, из них 1 – с тяжелым исходом.

Для стабильной работы на отделении создано 7641 рабочее место (из них 2582 рабочих места – с вредными и (или) опасными условиями труда), на которых трудится 11449 человек (из них 4401 человек – с вредными и (или) опасными условиями труда). В 2018 году выполнен показатель по сокращению удельного веса рабочих мест с вредными и (или) опасными условиями труда на 3,46 % к уровню 2017 года (при плане 1 %).

В 2018 году положение с обеспечением безопасности движения поездов в локомотивном хозяйстве отделения в целом улучшилось, допущено четыре события, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, за аналогичный период 2017 года было допущено пять событий. В то же время допущен рост числа событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта в локомотивном депо Жлобин на 2 случая, или увеличение на 200 %. Основными причинами допущенных событий явилось неудовлетворительное техническое состояние подвижного состава из-за нарушения технологических процессов ремонта узлов, агрегатов и оборудования при выполнении плановых видов ремонта тягового подвижного состава и неквалифицированные действия локомотивной бригады депо Жлобин по выходу из нестандартной ситуации на электровозе ВЛ80С. В 2018 году допущено 26 случаев отказов технических средств против 32 случаев в 2017 году.

В локомотивном депо Гомель (ТЧ-8) в 2018 году положение с обеспечением безопасности движения в сравнении с аналогичным периодом прошлого года улучшилось. Допущено одно событие, связанное с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта против 4 в 2017 году. В локомотивном депо Жлобин в 2018 году положение с обеспечением безопасности движения в сравнении с 2017 годом ухудшилось. Допущены три события, связанные с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, за аналогичный период 2017 года допущено одно событие. Количество сорванных поездов с графика движения осталось на прежнем уровне и составило 19 случаев. В локомотивном депо Калинковичи в 2018 году положение с обеспечением безопасности движения в сравнении с аналогичным периодом прошлого года улучшилось. Событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, не допущено. В 2017 году также событий, связанных с нарушением правил безопасности движения, не допущено. Однако допущен рост количества сорванных с графика движения поездов с 32 до 35 случаев.

В 2018 году снижено на 95 количество рабочих мест во вредных и опасных условиях труда, результат достигнут путем оптимизации численности, проведения технических мероприятий по улучшению условий труда и подкреплению результатами аттестации.

Состояние трудовой дисциплины за 2018 год по сравнению с аналогичным периодом прошлого года улучшилось. В 2018 году объявлено 18 взысканий против 24 в 2017 году.

За 2018 год пунктами коммерческого осмотра Гомельского отделения дороги случаев пропуска вагонов с коммерческими неисправностями не допущено, за аналогичный период 2017 года пропущен 1 вагон с коммерческой неисправностью. Работниками грузового отдела, в соответствии с планом мероприятий, направленных на обеспечение безопасности перевозок опасных грузов, за 2018 год выполнено: 107 проверок соблюдения правил перевозок опасных грузов. Выявлен 161 случай нарушений: отсутствие и (или) повреждение знаков опасности, табличек оранжевого и белого цвета; неочистка подвижного состава от остатков перевозимого груза; неснятые знаки опасности и (или) табличек оранжевого и белого цвета от предыдущей перевозки.

По результатам проверок коммерческими ревизорами и анализа поступивших оперативных донесений лишены премиальных доплат в различной степени 138 работников грузового цеха Гомельского отделения железной дороги.

В Гомельском вагонном депо за 12 месяцев 2018 года положение с обеспечением безопасности движения в сравнении с аналогичным периодом прошлого года улучшилось. Событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации ж.-д. транспорта, как и за 2017 год, не допущено, допущено 16 задержек поездов против 19 в 2017 году.

В Жлобинском вагонном депо за 12 месяцев 2018 года положение с обеспечением безопасности движения в сравнении с аналогичным периодом прошлого года ухудшилось. Допущено одно событие, связанное с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации ж.-д. транспорта по вине работников цеха эксплуатации, в 2017 году событий не допущено. Количество задержек поездов увеличено с 5 в 2017 году до 16 в 2018 году.

На Гомельском вагонном участке за 2018 год событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта и отказов технических средств, как и за аналогичный период прошлого года, по вине работников Гомельского вагонного участка не допущено.

На промывно-пропарочной станции Барбаров за 2018 год событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта и отказов технических средств, как и за аналогичный период прошлого года, по вине работников ППС допущено не было.

Состояние с безопасностью движения в хозяйстве сигнализации, связи и электроснабжения на Гомельском отделении ухудшилось, количество отказов увеличилось с 71 случая до 78. Событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, в дистанциях не допущено. Улучшили свои эксплуатационные показатели по сравнению с 2017 годом Гомельские дистанции сигнализации и связи и электроснабжения.

УДК 625.7.338.47

ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ АВТОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

И. М. ЦАРЕНКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Благоприятное геоэкономическое положение Республики Беларусь и постоянно возрастающий авторитет на международной арене в качестве делового партнера позволяют утверждать, что наша страна имеет высокий транспортно-логистический потенциал, который может использоваться как фактор экономического развития.

Согласно статистике внешнеторгового баланса, по данным Национального банка Республики Беларусь, сальдо внешней торговли услугами устойчиво положительное и характеризуется постоянной динамикой роста. Так, за январь – май 2019 года достигнуто сальдо внешней торговли услугами 1489,7 млн долларов США, что на 7,5 % больше аналогичного показателя прошлого года. Причем наибольший удельный вес в экспорте услуг составляют транспортные услуги (3511,7 млн долларов США в 2018 году), из них основная часть поступлений обеспечена грузовым автотранспортом – 1123,2 млн долларов США, что в 1,5 раза превышает аналогичный показатель железнодорожного транспорта. Это свидетельствует о том, что перевозки грузов автомобильным транспортом, особенно международные, являются доминирующим звеном валютных поступлений в бюджет страны.

Эксперты Интеграционного комитета ЕАЭС оценивают реализацию транзитного потенциала Республики Беларусь в 50 %. Результаты исследования белорусских ученых позволяют утверждать, что транзитный потенциал путей сообщения при грузоперевозках автомобильным транспортом в республике используется не более чем на 6,8 % (фактически достигнутый показатель грузопотока транзитных грузов – 2,7 млн т/год по сравнению с потенциально возможной величиной 40 млн т/год), а по показателю грузооборота – не более чем на 32,2 % (фактически достигнутый показатель грузооборота транзитных грузов автотранспортом – 5,9 млрд т·км/год по сравнению с потенциально возможной величиной 18,3 млрд т·км/год).

Важнейшим инфраструктурным носителем транспортного потенциала страны являются автомобильные дороги. Проблемам его оценки и развития посвящены работы отечественных, российских и зарубежных специалистов. Среди них П. А. Дроздов, И. А. Еловой, Т. Г. Зорина, Р. Б. Ивуть, Т. Р. Кисель, М. М. Ковалев, А. А. Косовский, А. А. Нечай, П. Г. Никитенко, И. И. Полещук, О. А. Фрейдман и др. Однако ряд аспектов данной темы в части инфраструктурной составляющей остается малоисследованным. В настоящее время необходимы новые подходы к организации работы дорожного хозяйства, которые могли бы усилить воздействие данного сектора на рост грузооборота, скорость перевозок и тем самым поддержать необходимый уровень транзита, что особенно важно для Беларуси. Для более точной оценки степени реализации транзитного потенциала страны необходимо, обозначить понятие «транспортно-эксплуатационного потенциала автомобильной дороги», выявить структурные элементы и факторы, позволяющие его реализовать в существующих условиях. Важно рассмотреть транспортно-эксплуатационный потенциал автомобильной дороги как экономический ресурс, имеющий свою структуру, с учетом особенностей объекта исследования, и возможные пути развития.

Согласно толково-словообразовательному словарю русского языка «потенциал» представляет собой «совокупность всех имеющихся возможностей и средств в какой-либо области». В экономической литературе потенциал трактуется как «предельно возможный уровень улучшения показателей (эффективности) деятельности объекта при оптимальном использовании имеющихся ресурсов», а также «совокупные возможности объекта для достижения определенных целей».

При оказании транспортных услуг на автомобильном транспорте происходит потребление такого специфичного товара дорожного хозяйства, как автомобильные дороги. Таким образом, дорож-

ное хозяйство предоставляет хозяйствующим субъектам, обеспечивающим работу автомобильного транспорта, определенные услуги, заключающиеся в создании и эксплуатации автомобильных дорог. При этом данные услуги носят как общегосударственный, так и коммерческий характер (платные дороги). Указанные особенности экономического взаимодействия автомобильного транспорта и дорог обуславливают введение понятия «*автодорожные транспортные услуги*», характеризующиеся как деятельность предприятий дорожного хозяйства (реконструкция, капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог), в результате выполнения которой происходят качественные (повышение скорости движения) и количественные (рост грузопотока) изменения логистического транспортного потока в сфере автомобильного транспорта.

Опираясь на вышеприведенные формулировки, в условиях возрастающей интенсивности перевозок грузов и пассажиров, считаем, что *транспортно-эксплуатационный потенциал автомобильной дороги* – это совокупная способность дорожной конструкции (дороги) в целом выполнять функции по удовлетворению существующего и прогнозного спроса на автодорожные транспортные услуги с заданным уровнем качества и тем самым способствовать экономическому развитию страны.

Под качеством автодорожной транспортной услуги нами понимается экономическая и пространственная доступность автомобильной дороги при достижении технико-экономических критериев: надежности, скорости и стоимости.

Транспортно-эксплуатационный потенциал автомобильной дороги раскрывается в процессе возникновения к нему экономических интересов пользователей. Экономические интересы отражаются в обеспечении бесперебойных и безопасных перевозок грузов и пассажиров. Они формируются у всех пользователей автомобильной дорогой: автотранспортных предприятий, логистических операторов, населения, органов управления и т. п. – и носят специфический характер в зависимости от целей их развития.

Очевидно наличие двусторонней взаимосвязи между развитием транспортно-эксплуатационного потенциала автомобильной дороги с социально-экономическим развитием района тяготения. Как транспортно-эксплуатационный потенциал дороги накладывает ограничения на возможности перевозки грузов и пассажиров, так и прогнозный уровень социально-экономического развития района тяготения ставит условия для развития автомобильной дороги. Можно выделить специфические факторы эксплуатационного, транспортного, социального, логистического и экономического характера, влияющие на развитие транспортно-эксплуатационного потенциала автомобильной дороги. Интенсивность движения, состав транспортного потока, характер выполняемых перевозок грузов и пассажиров ставят определенные ограничения и требования к эксплуатации и развитию автомобильной дороги.

Таким образом, эксплуатационная, транспортная, социальная, логистическая и экономическая составляющие транспортно-эксплуатационного потенциала автомобильной дороги формируют его структуру и определяются совокупностью факторов, а именно:

- эксплуатационная составляющая находится в зависимости от географического положения, природно-климатической зоны, района тяготения дороги, ровности, колеиности и дефектности дорожного покрытия, прочности дорожной одежды, коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием, безопасности и удобства движения транспорта, уровня износа дорожной одежды и других конструктивных элементов дороги, эффективности функционирования системы диагностики автомобильных дорог;

- транспортная составляющая находится в зависимости от направления транспортных потоков, интенсивности движения на дороге, уровня концентрации автомобильного транспорта и его технологического развития, состава транспортного потока;

- логистическая составляющая зависит от уровня загруженности дороги автомобильными перевозками, скорости движения транспортных средств, уровня информационного развития и состояния маркетинговых коммуникаций, тарифной политики, объема и структуры спроса и предложения автотранспортных услуг, объемов транзита;

- социальная составляющая находится в зависимости от транспортной активности населения, объемов перевозок пассажиров, количества поездок на личных автомобилях, уровня обеспеченности населения собственными транспортными средствами, туристической привлекательности района тяготения дороги;

- экономическая составляющая зависит от объемов и источников финансирования, количества перемещенных грузов в транзитном и внутривнутриреспубликанском сообщении, производительности грузового транспорта, объема доходов от выполненных перевозок, грузооборота.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Кулаженко Ю. И.</i> Приветствие участникам конференции.....	3
1 БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	
<i>Авраменко И. Ю.</i> Безопасность полетов и авиационная безопасность.....	4
<i>Аксёничков А. А., Козлов В. Г.</i> Планирование эксплуатационной работы с использованием цифровых технологий.....	5
<i>Алаев М. М., Каширцева Т. И.</i> Обеспечение экологической безопасности при перевозке ТКО железнодорожным транспортом.....	7
<i>Алаев М. М., Ефимова А. Н.</i> Средства решения проблем доступности для людей с ограниченными возможностями на станции Бескудниково для обеспечения безопасности поездной и маневровой работы .	9
<i>Белянко В. П., Лавицкий В. В., Фёдоров Е. А., Козлов В. Г., Лейнова Ю. О.</i> Цифровая трансформация системы контроля объектов инфраструктуры железнодорожных станций.....	11
<i>Бойко Т. И., Полетаева О. С., Реут А. Э.</i> Владение авиационным английским языком как один из факторов, влияющих на безопасность воздушного движения.....	13
<i>Бурченко В. В.</i> Использование технологии дистанционного акустического зондирования для повышения надежности работы сортировочных станций	15
<i>Вакуленко С. П., Журавлев Н. П., Савельев М. Ю., Сидраков А. А.</i> Проблемы нормативного обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте	17
<i>Войченко Т. А.</i> Обеспечение безопасности эксплуатации водного транспорта	19
<i>Голубев П. В., Телятинская М. Ю.</i> Организация пригородно-городского сообщения в условиях применения тактового движения	21
<i>Давыдов А. М.</i> Патентные исследования инноваций в сфере безопасности транспортных систем.....	23
<i>Демидов П. Г.</i> Профессионально компетентный специалист как неотъемлемая часть безопасной транспортной системы	25
<i>Дубина А. В., Григорьев С. В., Млявая О. В.</i> Принципы обеспечения безопасности железнодорожных перевозок при внедрении автоматизированной системы управления движением поездов	27
<i>Ерофеев А. А., Бик-Мухаметова О. И., Макриденко А. Б.</i> Современный подход к обеспечению безопасности на технических железнодорожных станциях.....	29
<i>Зенкевич А. Г.</i> Мотивация управленческого персонала в обеспечении безопасности на железнодорожном транспорте.....	31
<i>Иванов-Толмачев И. А., Лебедев А. С.</i> Увеличение скорости прибытия поездов при открытом маневровом сигнале в конце пути приема	33
<i>Казиков Н. Н.</i> Роль системы взаимодействия Белорусской железной дороги с Белорусским государственным университетом транспорта в обеспечении безопасности железнодорожных перевозок	33
<i>Казиков Н. Н., Шкурина Е. В.</i> Отражение вопросов безопасности в образовательном процессе Белорусского государственного университета транспорта	35
<i>Катченко Н. М., Петрачков С. А.</i> Состояние безопасности движения поездов в грузовом хозяйстве Белорусской железной дороги за 6 месяцев 2019 года.....	37
<i>Киреев В. И.</i> Обеспечение безопасности – важный фактор в совершенствовании транспортной деятельности....	39
<i>Кирик С. В., Максименко С. В.</i> Повышение безопасности и эффективности воинских перевозок.....	43
<i>Ковалев К. Е., Обухов А. Д.</i> Применение роботизированных комплексов в управлении станционными технологическими процессами.....	44
<i>Козаченко Д. Н., Березовый Н. И., Гревцов С. В.</i> Организация сортировочного процесса в условиях потери вагонными замедлителями тормозной мощности.....	46
<i>Козлов В. Г., Макриденко А. Б.</i> Повышение безопасности и эффективности перевозок грузов на основе технологии адаптивного управления вагонопотоками	47
<i>Кузнецов В. Г., Захаров Д. В.</i> К вопросу о моделировании информационной нагрузки на поездного диспетчера	48
<i>Кузнецов В. Г., Пищик Ф. П., Фёдоров Е. А., Герасимов С. А., Заводцов Е. Н.</i> Влияние структуры поездопотока на организацию движения грузовых поездов по постоянному расписанию.....	50
<i>Лисогурский О. Н., Аксёничков А. А., Гедрис К. И.</i> Перевозочный потенциал железной дороги как основа экономической безопасности железнодорожного транспорта.....	53
<i>Литвинова И. М., Страдомский М. Ю.</i> Концепция модели обновления парка пассажирских вагонов для обеспечения транспортных потребностей населения и безопасности движения.....	55
<i>Ломотько Д. В., Ковалева О. В., Воскобойников Д. Г., Сидарчук А. Д.</i> Подход к обеспечению подвижным составом, пригородным в коммерческом отношении для перевозки опасного груза	57

<i>Маркевич А. В., Сидоренко В. Г.</i> Влияние графика работы локомотивных бригад метрополитена на безопасность движения.....	59
<i>Негрей В. Я., Пожидает С. А.</i> Обеспечение безопасности работы немеханизированных сортировочных горок Белорусской железной дороги.....	61
<i>Негрей В. Я., Пожидает С. А., Дорошко С. В.</i> Развитие методологии оценки безопасности перевозочного процесса на железнодорожном транспорте	63
<i>Ольгейзер И. А.</i> Безопасность роспуска составов на сортировочных горках. Граничные условия функционирования при эксплуатации горочных систем автоматизации	65
<i>Пазойский Ю. О., Шмаль В. Н., Минаков П. А., Шмаль С. Н.</i> Выявление топологических свойств графика движения поездов с целью повышения его безопасности и пропускной способности	67
<i>Передавченко Е. М.</i> Унификация схем железнодорожных станций в цифровом представлении объектов ..	68
<i>Потылкин Е. Н.</i> Проблемные вопросы взаимодействия железнодорожного транспорта общего и необщего пользования	69
<i>Рынкевич С. А., Семченков С. С., Прибыш Н. М.</i> Повышение безопасности и устойчивости транспортных систем городов с использованием современных технологий управления, основанных на интеллектуальных транспортных системах.....	71
<i>Скиркоцкий С. В., Невзорова А. Б.</i> Оценка безопасности дорожного движения на этапах проектирования транспортной сети.....	73
<i>Сладкевич А. Н., Фёдоров Е. А., Терещенко О. А., Шатров С. Л., Страдомская А. А.</i> Снижение рисков оперирования вагонным парком на основании новой системы оценки эффективности использования вагонов, находящихся в собственности государственного предприятия «БТЛЦ»	75
<i>Степанов А. А., Меренков А. О., Ласточкина Г. А.</i> Цифровые технологии в обеспечении безопасности транспортно-логистических систем	77
<i>Сулейменов И. Э., Витулёва Е. С., Шалтыкова Д. Б.</i> Геополитические и методологические аспекты проблемы транспортного сопротивления	79
<i>Сычев А. Е., Сычев Е. И.</i> Повышение эффективности работы сортировочных горок железнодорожных станций.....	81
<i>Терещенко Е. А.</i> Проблемы выбора путей для секционирования на станциях.....	82
<i>Терещенко О. А.</i> Моделирование местной работы железной дороги.....	83
<i>Филатов Е. А.</i> Обеспечение безопасности при проектировании круговых кривых на железнодорожных станциях	84
<i>Харитонов Ю. Н., Кокин С. М.</i> Электромагнитная совместимость модульной системы электрообогрева стрелочных переводов с автоматическими цепями локомотивной сигнализации и регулирования скорости	86
<i>Харитонов Ю. Н., Кокин С. М., Никитенко В. А.</i> Об электротехническом обустройстве стрелочных переводов, оборудованных модульной системой электрообогрева.....	88
<i>Швецова Е. В., Шуть В. Н.</i> Безопасность беспилотных транспортных систем.....	90

2 БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

<i>Ананьева О. С., Курицын П. А.</i> Применение комплектно-блочной технологии при реконструкции тяговых железнодорожных подстанций	92
<i>Ананьева О. С., Подольская В. Н.</i> Матричный метод расчета совместной работы системы тягового электроснабжения постоянного тока и электрического подвижного состава с накопителями электрической энергии	94
<i>Афанасьев П. М., Белозуб В. В., Огородников Л. В.</i> Прогнозирование напряженно-деформированного состояния несущих конструкций вагонов метрополитена по критерию коррозионного износа.....	96
<i>Афанасьев П. М., Пастухов М. И., Путьто А. В., Коновалов Е. Н., Комиссаров В. В., Белозуб Н. В., Целковикова Л. П.</i> Анализ технического состояния тележек пассажирского вагона после длительной эксплуатации.....	98
<i>Афанасьев П. М., Путьто А. В., Коновалов Е. Н., Белозуб В. В.</i> Контроль технического состояния воздушных резервуаров тягового подвижного состава	99
<i>Афанасьев П. М., Чернин Р. И., Титович И. А.</i> Техническое состояние дизель-поездов ДДБ1 после длительной эксплуатации.....	102
<i>Аникеева М. В., Врублевская В. И.</i> Повышение износостойкости узлов трения звеньев путеукладчика... ..	104
<i>Белякин А. В., Коновалов А. И., Сергеев Д. А., Кумняк Д. Е.</i> К вопросу экспериментального определения коэффициента динамической добавки необрессоренных частей двухосной тележки грузового вагона... ..	106
<i>Богданович П. Н., Далидовская М. Н.</i> Закономерности изнашивания деталей рычажной тормозной системы, восстановленных наплавкой	107
<i>Бойков К. Р.</i> Испытания энергетических систем подвижного состава. Проблемы и возможные решения	109
<i>Бойков К. Р., Приходько И. В.</i> О важности работы испытательных организаций. Комплексный подход	110
<i>Бороненко Ю. П., Сергеев Д. А., Кумняк Д. Е.</i> Сравнение двух методов определения вертикальной нагрузки на рельс	112

<i>Босый Д. А., Земский Д. Р.</i> Математико-информационное обеспечение процесса моделирования режимов работы систем электроснабжения электрического транспорта	112
<i>Брильков Г. Е., Путько А. В., Мазец В. А.</i> Расчетная и экспериментальная оценка прочности и устойчивости против схода с рельса колеса маневрового тепловоза ЧМЭЗ	114
<i>Брусенцов В. Г., Пузырь В. Г., Брусенцов О. В.</i> Повышение безопасности эксплуатации подвижного состава путем внедрения контроля уровня профессиональной надежности работников локомотивных бригад	116
<i>Бурченко В. В., Асадчий И. В.</i> Технология непрерывного мониторинга подвижного состава на основе дистанционного акустического зондирования	118
<i>Васильев С. М., Пищик А. В.</i> Меры по совершенствованию системы обеспечения безопасности движения подвижного состава на железнодорожных переездах Белорусской железной дороги	120
<i>Васильев С. М., Рудковский А. П.</i> Анализ повреждаемости и способы восстановления надрессорных балок тележек грузовых вагонов	122
<i>Врублевская В. И., Невзорова А. Б., Анисеева М. В.</i> Повышение надежности и долговечности узлов трения железнодорожного транспорта	124
<i>Галай Э. И., Рудов П. К., Галай Е. Э., Ткаченко С. Е.</i> Тормозные системы западноевропейского типа на Белорусской железной дороге	126
<i>Галушко В. Н., Мельник Р. Д.</i> Улучшение технико-экономических показателей железнодорожной отрасли за счет внедрения вентильно-индукторного привода	128
<i>Гетикова М. А., Попов А. Н., Долгодилин А. В.</i> Определение адгезионной и гистерезисной составляющих коэффициента трения поверхностно модифицированной резины	128
<i>Глазков Л. А., Жилинин Д. Л., Табулин А. А.</i> Применение физико-химических методов контроля и диагностики смазочных материалов для достижения надежной работы транспорта	130
<i>Гурский Е. П., Михальченко А. А.</i> О методике определения потребности в периодических видах ремонта и производственной мощности вагоноремонтной базы	132
<i>Грудько И. И., Довгяло В. А., Моисеенко В. Л., Максимчик К. В.</i> Особенности среднего и капитального ремонта специального подвижного состава	134
<i>Дединкин А. П., Путько А. В., Дубров Н. С., Шайдаков А. Р.</i> Применение методов компьютерного моделирования к оценке энергопотребления тягового подвижного состава	136
<i>Евсеев Д. Г., Барышников А. В.</i> Разработка системы пассивной безопасности пассажирского вагона	138
<i>Захарова Т. В.</i> Особенности изучения дисциплины «Правила технической эксплуатации (ПТЭ)» студентами-вагонниками	140
<i>Инагамов С. Г., Юлдашов А. А.</i> Подвижной состав Акционерного общества «Узбекистан Темир Йуллари»	142
<i>Ищенко В. Н., Брайковская Н. С., Осмак В. Е.</i> О контроле технического состояния изотермических контейнеров в условиях эксплуатации	143
<i>Капский Д. В., Рынкевич С. А., Кот Е. Н., Семченко С. С.</i> Повышение безопасности и надежности подвижного состава трамвая за счет улучшения устойчивости и управляемости тормоза	145
<i>Капустин М. Ю., Малахов С. В.</i> Базовые принципы создания локомотивных устройств безопасности нового поколения	147
<i>Кара С. В., Петренко В. А.</i> Особенности динамико-прочностных показателей грузовых вагонов после длительной эксплуатации	149
<i>Карандеев С. С.</i> О проблеме удаления шкворня из надрессорной балки при ремонте грузовых тележек	151
<i>Карандеев С. С., Ворочков Ю. Н.</i> Анализ неисправностей кузовов и тележек грузовых вагонов в Жлобинском вагонном депо	152
<i>Касимов О. К., Анваржонов А. А.</i> Влияние внешней температуры на расход топлива автопоезда рефрижератора	154
<i>Кебиков А. А., Зайчик В. С., Шкрабов Е. В.</i> Требования безопасности к железнодорожному электроснабжению	156
<i>Кельрих М. Б., Брайковская Н. С., Прокопенко П. Н.</i> Особенности проведения исследований по продлению назначенного срока службы вагонов-цистерн для перевозки легких порошкообразных грузов	158
<i>Князев Д. А., Овечников М. Н., Оганьян Э. С., Протопопов А. Л., Тимаков М. В.</i> Трещины в осях и колесах подвижного состава: испытания и моделирование	160
<i>Комиссаров В. В., Железняков А. А., Саркисов О. А., Таранова Е. С.</i> Особенности сертификационных испытаний зубчатых колес подвижного состава	162
<i>Комиссаров В. В., Сазонов В. В., Буйленков П. М.</i> Применение методов схематизации процесса нагружения при определении сопротивления усталости вагонов по результатам ходовых испытаний	163
<i>Коновалов А. И., Белянкин А. В., Сергеев Д. А., Кумряк Д. Е.</i> Исследование зависимостей для определения напряжений в подошве рельса по силовым факторам при взаимодействии колеса и рельса	164
<i>Коринчук С. А., Сувалов Н. Н.</i> Оптимизация процесса определения показателей воздействия на путь при сертификационных испытаниях	165
<i>Коссов В. С., Оганьян Э. С., Волохов Г. М., Овечников М. Н., Лукин А. А.</i> Концепция реализации ресурсного подхода на железнодорожном транспорте	167
<i>Кулаженко Ю. И., Зайчик В. С., Кебиков А. А., Альховская Е. М.</i> Разработка и постановка железнодорожной продукции на производство	169

<i>Леоненко Е. Г.</i> Взаимодействие колеса и рельса при движении подвижного состава в кривых участках пути.....	170
<i>Лецик С. Д., Русак Н. П., Царикович Ж. В., Лисай Н. К.</i> Исследование возможности повышения долговечности смазываемых пар трения подвижного состава путем повышения стойкости к задиру за счет модифицирования смазочных материалов наноразмерными продуктами лазерной абляции твердофазных веществ.....	172
<i>Ляпушкин Н. Н., Чучин А. А., Андрианов Е. В.</i> Влияние силы тяги и скорости скольжения колеса локомотива на температуру в пятне контакта рельса и колеса.....	174
<i>Маркавцов А. А., Холодиков О. В.</i> Инновационные методы ультразвукового контроля сварных соединений конструкций подвижного состава.....	176
<i>Невзоров В. В., Гармашук А. А.</i> Целесообразность использования сервисных центров для восстановления работоспособности маневрового тепловоза ТМЭ1 при плановом ремонте в объеме СР-1.....	178
<i>Обухов А. Д.</i> Предиктивная аналитика технического состояния как основа повышения эксплуатационной надежности тягового подвижного состава.....	180
<i>Петренко В.</i> Моделирование ползунов колесных пар вагонов.....	181
<i>Петухов С. Ю., Зайцев А. В., Милованов В. К.</i> Стендовые ресурсные испытания беззазорного сцепного устройства.....	183
<i>Пигунов А. В., Пигунов В. В., Дашук П. А., Ясько Н. А.</i> Конструктивные решения для съемных кузовов грузовых вагонов.....	185
<i>Приходько И. В., Коринчук С. А.</i> Влияние вибрации на надежность и безопасность подвижного состава....	187
<i>Рудов П. К., Пищик А. В.</i> Актуальные вопросы обеспечения безопасности движения поездов в локомотивном, вагонном и пассажирском хозяйствах Белорусской железной дороги.....	189
<i>Самошкин С. Л., Сорокина Е. В., Сариков А. С.</i> Расширение скоростного диапазона работы генераторно-приводных установок пассажирских вагонов для пониженных скоростей движения.....	191
<i>Саркисов О. А., Михалко А. М., Рогачев А. А.</i> Повышение эксплуатационных свойств диэлектрической пленки марки ПМФ обработкой в барьерном разряде.....	192
<i>Саркисов О. А., Михалко А. М., Рогачев А. А.</i> Совершенствование технологии нанесения покрытий для селективных газовых сенсоров.....	193
<i>Сахаров П. А.</i> Оценка влияния характеристик автосцепки на продольные силы в грузовом поезде.....	195
<i>Сорокин Д. П.</i> Оборудование для сборки-разборки поглощающих аппаратов повышенной энергоёмкости.....	197
<i>Сосновский Л. А., Комиссаров В. В.</i> Литые железнодорожные колеса – от идеи к реальности.....	198
<i>Филиппин Е. В., Щаев А. А.</i> Система аварийного торможения летательного аппарата из состава беспилотного авиационного комплекса МЧС «Буревестник».....	200
<i>Френкель С. Я.</i> Методы оценки энергетической эффективности локомотивной тяги.....	201
<i>Хамидов О. Р., Грищенко А. В.</i> Мониторинг технического состояния тяговых электродвигателей локомотивов с использованием нейронных сетей.....	203
<i>Чайковский Е. А.</i> О резервах снижения эксплуатационных расходов за счет внедрения новой технологической оснастки.....	206
<i>Чернин Р. И., Брильков Г. Е., Путько О. В.</i> Оценка влияния отклонений от профиля продольного сечения сопрягаемых поверхностей на прочность соединения с натягом колеса с осью колесной пары.....	208
<i>Шатило С. Н.</i> Анализ и оценка пожарной безопасности электрических кабелей электропоезда «Штадлер».....	210
<i>Шатило С. Н., Зайчик В. С., Кебилов А. А., Шкрабов Е. В.</i> Формирование перечня требований к кабельной продукции, применяемой на электропоездах, подлежащих сертификации.....	212
<i>Kuznetsov V., Rojek A., Kaniewski M.</i> Verification of traction power supply system on the route Warsaw – Gdansk.....	213

3 НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНИКИ И СВЯЗИ

<i>Абдуллаев Р. Б.</i> Современный подход к техническому диагностированию устройств железнодорожной автоматики в условиях высокоскоростного движения в Республике Узбекистан.....	216
<i>Бабарикин А. С.</i> Разработка программного обеспечения для мобильного терминала контроля документов под операционную систему IOS.....	218
<i>Бочков К. А., Рязанцева Н. В., Комнатный Д. В.</i> Влияние функциональной, информационной безопасности и преднамеренного электромагнитного воздействия на микроэлектронные системы железнодорожной автоматики и телемеханики.....	220
<i>Бочков К. А., Харлап С. Н., Сивко Б. В.</i> Автоматизация методов верификации программного обеспечения микропроцессорных систем обеспечения безопасности движения поездов.....	222
<i>Васильев А. Ю.</i> Комплексный подход по обеспечению функциональной и информационной безопасности на этапах жизненного цикла МПСУ ЖАТ.....	223
<i>Дубовский А. В.</i> Перспективы внедрения системы автоматической передачи информации D-ATIS.....	226
<i>Ефанов Д. В.</i> Перспективы управления движением поездов с использованием энергоэффективных технологий и распределенных вычислительных ресурсов.....	227

<i>Иваненко А. А., Линьков В. И., Анисеев А. И.</i> Анализ интернет-информации о нормативной базе аутсорсинга в ОАО «РЖД»	229
<i>Казаков А. С.</i> Оценка нарушителей по реализации угроз функциональной безопасности систем железнодорожной автоматики и телемеханики	231
<i>Каменев А. Ю., Латко А. А.</i> Повышение эффективности программирования и конфигурирования систем железнодорожной автоматики	233
<i>Кандалов В. А., Пономарев Ю. Э., Каменский В. В.</i> Специфика разработки устройств железнодорожной автоматики и телемеханики в соответствии с современными стандартами и методы повышения функциональной безопасности.....	235
<i>Катков В. Л.</i> Подход к автоматизации анализа влияния отказов на функциональную безопасность микроэлектронных систем железнодорожной автоматики	237
<i>Комнатный Д. В.</i> Анализ воздействия электростатического разряда на микроэлектронные узлы при ремонте аппаратуры ЖАТ методом Бержерона.....	239
<i>Кузьмин В. С., Табуницков А. К., Титова Н. Н., Барышев Ю. А.</i> К вопросу о дифференцировании в канале индуктивной связи АЛС	241
<i>Леушин В. Б., Юсупов Р. Р.</i> Об оценке помехоустойчивости каналов с индуктивно-рельсовыми линиями ..	242
<i>Табуницков А. К., Кузьмин В. С., Меркулов П. М.</i> О диагностике локомотивных устройств АЛСН	244
<i>Харлап С. Н.</i> Применение диверситета для повышения уровня функциональной безопасности микроэлектронных систем железнодорожной автоматики.....	246
<i>Хорошев В. В.</i> Обобщенная функция предпочтения для оптимизации вопросников методом корневого вопроса	248
<i>Шаманов В. И., Денежкин Д. В.</i> Измерения электрических сопротивлений в неоднородных тяговых рельсовых линиях	250
<i>Шевчук В. Г.</i> Повышение квалификации и переподготовка связистов-радиистов Белорусской железной дороги.....	251
<i>Шевчук В. Г., Жигалин И. О., Карпов А. В.</i> Компьютерное моделирование антенных устройств, обеспечивающих требуемый уровень сигнала в канале поездной радиосвязи гектометрового диапазона.....	253
<i>Шевчук В. Г., Жигалин И. О., Карпов А. В., Долгополов А. Г.</i> Исследование «мешающей» нагрузки в канале поездной радиосвязи.....	255
<i>Щеблыкина Е. В., Ушаков М. В.</i> Повышение надёжности эксплуатации эргатических систем управления путём применения технологий терминального доступа.....	257
<i>Bialon A., Furman J.</i> Selected aspects of research on the cooperation of ERTMS on-board equipment with track-side equipment	259

4 ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТА

<i>Адаменко Д. Н., Галушко В. Н.</i> Алгоритм программы снижения величины технологического расхода электрической энергии при ее транспортировке для нетяговых железнодорожных потребителей.....	261
<i>Алейников Р. С.</i> Оценка возможностей получения твердого топлива из коммунальных отходов	261
<i>Андрейчиков М. В., Горбачева О. В.</i> Совершенствование системы подготовки вагонных цистерн под налив нефтепродуктов на предприятиях Белорусской железной дороги	263
<i>Балабин В. Н., Васильев В. Н.</i> Совершенствование юнит-модульной компоновки системы охлаждения дизелей тепловозов	264
<i>Барановский К. В., Темников Е. А., Макеев В. В.</i> Акустическое воздействие объектов железнодорожного транспорта на селитебную территорию	266
<i>Барановский К. В., Темников Е. А., Макеев В. В., Холяво В. И.</i> Снижение шумового загрязнения на селитебной территории при эксплуатации вагонных замедлителей на сортировочной горке станции Гомель-Сортировочный	267
<i>Белоусова Г. Н., Авчинникова Ю. А.</i> Обеспечение экологической безопасности при проектировании водоподготовки и очистки сточных вод объекта социально-бытовой инфраструктуры в дипломном проектировании.....	269
<i>Булаев В. Г.</i> Повышение экологической безопасности тепловозов	270
<i>Галабурда Е. Б., Сорокин В. Г., Пыжик Т. Н., Михайлова Л. В.</i> Конструкция смесителя биологических добавок и аминокислот для малого сельскохозяйственного предприятия	272
<i>В. Н. Галушко, А. В. Дробов, Громыко И. Л.</i> Прогнозирование потребления электрической энергии дистанции электроснабжения с помощью искусственных нейронных сетей.....	274
<i>Ганаева О. А., Ермолова Я. В., Попова А. Н., Лугаськова Н. В.</i> Инновационные методы очистки атмосферного воздуха от загрязнения транспортом.....	275
<i>Горелая О. Н., Романовская Е. В.</i> Синтез наноструктурированных сорбентов нефтепродуктов из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания	277
<i>Грищенко С. Г.</i> Актуальность энергоэкологических исследований железнодорожного подвижного состава	279
<i>Громыко И. Л.</i> Разработка нейросетевого газоанализатора на базе ARDUINO и RASPBERRY PI.....	281
<i>Грузинова В. Л., Мельников А. А.</i> Обзор систем автоматизированного проектирования трубопроводов нефти	282

Дежук В. С. К вопросу защиты окружающей среды от шумового загрязнения от железнодорожных составов	284
Довгелюк Н. В., Шагулин В. С. Уменьшение уровня шума в кривых участках железнодорожного пути	286
Додолев С. Г., Невзорова А. Б., Гончаров Г. Р. Тепловизионная визуализация жилого фонда как ключевой фактор привлечения собственников к мероприятиям по тепловой модернизации.....	288
Дорошук Д. В. Анализ влияния внешних факторов на надежность элементов электроснабжения.....	290
Зеленко А. В., Широкий И. П. Исследование экологической безопасности грузовых автомобилей модели МАЗ	292
Зеленко А. В., Широкий И. П. Оценка показателя дымности грузовых автомобилей МАЗ в условиях действующей организации	294
Кириленко А. И., Фирсов В. И. Особенности эксплуатации светодиодных источников света	296
Королёнок Т. С., Гуринович В. И. Взаимное электроснабжение потребителей в нештатной ситуации.....	297
Коршунов Е. А., Капанский А. А., Фиков А. С. Информационное обеспечение инженерных служб предприятия.....	300
Лутченко П. А. Энергосбережение при реконструкции городских очистных сооружений канализации.....	302
Ляхов С. В., Таболич Т. Г., Монкевич В. Г. О переводе городского пассажирского транспорта на экологически безопасные виды транспорта.....	303
Малашенко М. П. Утилизация низкотемпературных тепловых вторичных энергетических ресурсов	305
Масловская М. А. Ресурсосбережение при электрификации железной дороги	307
Микелевич В. В., Сорокин В. Г., Пыжик Т. Н., Медведь А. В. Составы и технология композиционных материалов для уплотнительных элементов шаровых кранов	309
Науменко С. Н., Минаев Б. Н., Гусев Г. Б., Набатчикова Т. И., Казанцев А. Е. Собственные источники генерации энергии для обеспечения электрических и тепловых потребителей железнодорожного транспорта.....	311
Овчинников В. М. Энергосбережение при эксплуатации локомотивов	313
Потураева Т. В. Регрессионная модель влияния экологических факторов на динамику численности населения	314
Саварин А. А. О влиянии автомобильных дорог на распространение редких и малоизученных видов мелких млекопитающих Беларуси (на примере Neomys anomalus Cabrera, 1907)	316
Стоякин Г. М., Костин А. В., Науменко С. Н. Пути повышения энергоэффективности климатических систем пассажирских вагонов.....	318
Хрусталёв Б. М., Пехота А. Н. Перспективы использования отработанных фильтров, насыщенных нефтепродуктами	320
Чиграй Г. В. Рельсошлифование как эффективный способ энергосбережения	322
Штилевская Н. С. Эколого-ценотическая оценка влияния железнодорожного транспорта на растительный покров обочин путей.....	324

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Аулин Д. А., Коваленко Д. Н., Буцкий А. В., Анацкий А. А. Пути снижения травматизма среди подростков на объектах железнодорожного транспорта	327
Ахраменко Г. В., Разводов К. С., Петренко А. Н. Анализ способов повышения физико-механических свойств бетонной смеси при строительстве автомобильных дорог и покрытий взлетно-посадочных полос аэродромов	329
Бандюк Н. В. Анализ способов переработки полимерных отходов для использования в дорожной отрасли	331
Бартошевич В. А., Губенский Н. Ю., Судникович А. Ю., Братикова А. С. Мероприятия по энергосбережению на железнодорожном транспорте	332
Богданович В. М., Довгелюк Н. В., Масловская Е. М., Тавтын А. Н. Внедрение трубчатых свай при пересечении болот эстакадами	333
Бочкарёв Д. И., Кацубо П. А. Модифицирование термопласткомполитов для дорожного строительства	335
Бочкарёв Д. И., Постников А. С. Исследование напряженно-деформированного состояния шпалы из термопласткомполита	337
Бочкарёв Д. И., Пуначёв Д. С. Современные тенденции развития систем автоматизированного и автономного управления строительными и дорожными машинами	340
Бусько А. Т., Довгяло В. А., Моисеенко В. Л., Пуначёв Д. С. Проектирование экспериментального устройства для продления срока службы плетей бесстыкового пути.....	343
Воробьев Ю. Н., Губенский Н. Ю., Судникович А. Ю., Братикова А. С. Применение светящейся краски в транспортном хозяйстве	345
Гаверилов М. А., Курган Д. Н. Съёмка пути автоматическими системами путевых машин и высокоточными приборами	346
Горбачев В. В., Ахраменко Г. В., Дудорга В. А. Внедрение новых технологий в дорожном строительстве – важнейший фактор повышения энергоэффективности	348
Гриб В. М., Левкович И. И., Лапушкин А. С. Моделирование силовых факторов в работе пружинных клемм скрепления типа СБ-3	350

<i>Журавский В. Н., Савило О. М., Ковтун П. В., Осипова О. В., Покаташкина В. К.</i> Повышение уровня безопасности железнодорожной инфраструктуры при переустройстве путевого развития отдельных пунктов.....	352
<i>Казаченко П. А., Довгелюк Н. В., Масловская М. А., Толочко З. Ю.</i> Анализ снижения уровня шума и вибраций на железнодорожном транспорте	354
<i>Каймович В. Д., Мамсиков Н. В., Ковтун П. В., Дубровская Т. А., Скребец С. В.</i> Анализ изменения величины непогашенного ускорения при введении скоростного движения пассажирских поездов.....	356
<i>Кацубо П. А., Рулёв Д. С., Шутов Я. В., Гуринович В. И.</i> Современные технологии ямочного ремонта дорожных покрытий	358
<i>Качан В. Ф., Романенко В. В., Домаш Н. Д., Тараканов А. Ю.</i> Особенности устройства и содержания криволинейных стрелочных переводов производства фирмы VAE (Рига)	359
<i>Киселева А. В., Ахраменко Г. В.</i> Технология двухслойной укладки дорог с асфальтобетонным покрытием.....	361
<i>Ковтун П. В., Разводов К. С., Губенский Н. Ю.</i> Применение светопроводящего бетона в транспортной инфраструктуре	363
<i>Костюков О. П., Никитянин Д. С.</i> Безопасность железнодорожной инфраструктуры	364
<i>Кравченко И. И., Бочкарёв Д. И., Петрусевич В. В.</i> Разработка технологического процесса профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.....	365
<i>Курган Н. Б., Гусак М. А., Байдак С. Ю., Хмелевская Н. П.</i> Об энергетической эффективности электрификации направлений Украина – Беларусь	367
<i>Курган Д. Н., Ковальский Д. Л.</i> Анализ напряженно-деформированного состояния совмещенной конструкции железнодорожного пути	369
<i>Курган М. Б., Курган Д. М., Луцкыцкий О. Ф.</i> Безопасность пересечений железных дорог с автомобильными	371
<i>Лазбекин С. Н., Александров Д. Ю.</i> Особенности работы неразрезных пролетных строений.....	373
<i>Лазбекин С. Н., Александров Д. Ю., Этин П. Ю.</i> Инновационные конструкции пролетных строений автодорожных мостов	374
<i>Литохина В. В., Шаповалов В. М., Инютин В. И., Кожедуб С. С., Краснов М. А.</i> Повышение надежности стрелочных переводов на железобетонных брусьях.....	375
<i>Литохина В. В., Шаповалов В. М., Инютин В. И., Кожедуб С. С., Краснов М. А.</i> Повышение работоспособности рельсовых скреплений.....	377
<i>Лустов В. М., Жуковец А. Г., Орехов Н. А.</i> Магнитодинамический метод рельсовой дефектоскопии.....	379
<i>Маринич В. В., Малашков Д. В.</i> Безопасность транспортных средств	381
<i>Мельниченко М. Д., Царенкова И. М., Портной А. Е.</i> Строительство транспортной инфраструктуры и факторы, оказывающие влияние на ее качество	383
<i>Меньшиков О. В., Угрин Д. М., Цариков В. А., Матвеев В. И.</i> Совершенствование конструкций звеньевоего пути.....	385
<i>Меринев В. К.</i> Фрикционные композиты для узлов стационарного трения транспортных машин и объектов инфраструктуры.....	386
<i>Мирошников Н. Е., Довнорович Л. В., Мирошников В. Е., Дубровская Т. А.</i> К вопросу определения расчетной интенсивности движения пешеходов через железнодорожные пешеходные переходы	388
<i>Пантелева Е. А., Разводов К. С.</i> Современные методы ликвидации колеиности автомобильных дорог.....	390
<i>Патласов А. М., Кравченя И. Н., Дубровская Т. А.</i> Определение оптимальных радиусов железнодорожных кривых при введении скоростного движения.....	392
<i>Петрусевич В. В.</i> Методика определения коэффициента эффективности гидрофобного состава для профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.....	394
<i>Романенко В. В., Домаш Н. Д., Тараканов А. Ю., Орлов К. Д.</i> Исследование параметров кривой при замене криволинейного стрелочного перевода производства VAE (Рига) одиночным обыкновенным.....	395
<i>Романенко В. В., Орлов К. Д., Домаш Н. Д., Тараканов А. Ю.</i> Анализ возможности приведения криволинейных участков пути в проектное положение	397
<i>Симагутина М. С.</i> Интеллектуальные транспортные системы как комплекс, обеспечивающий безопасность транспортной сети	399
<i>Сотников В. Т., Орехов В. В., Зелинский В. А.</i> Обеспечение безопасности на железнодорожном транспорте.....	401
<i>Стоцкий П. В., Сизин С. Ф., Цариков В. А., Матвеев В. И.</i> Хронология развития конструкций бесстыкового пути	402
<i>Тишкевич А. И., Талецкий В. В., Ваденков И. В.</i> Об армировании железнодорожных шпал металлопластиковыми стержнями.....	403
<i>Холяво В. И., Лапушкин А. С., Инютин В. И., Краснов М. А.</i> Анализ состояния безопасности движения на Гомельском отделении Белорусской железной дороги	405
<i>Царенкова И. М.</i> Транспортно-эксплуатационный потенциал автодорожной инфраструктуры	407

Научно-практическое издание

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

Материалы IX Международной научно-практической конференции

Часть 1

Издается в авторской редакции

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Корректоры: *А. А. Павлюченкова, Т. А. Пугач, Л. С. Ретикова*

Компьютерная верстка – *Е. И. Кудрявская, Т. В. Переверзева, С. В. Ужанкова*

Подписано в печать 19.11.2019 г. Формат 60x84 1/8.

Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 48,36. Уч.-изд. л. 47,43. Тираж 50 экз.

Зак. №. 4279. Изд. № 84.

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 978-985-554-878-3



9 789855 548783